



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE
MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.**

Carlos Eduardo López Enríquez

Asesorado por el Ing. José Manuel Prado Abularach

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE
MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS EDUARDO LÓPEZ ENRÍQUEZ

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ MANUEL PRADO ABULARACH

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADOR	Ing. Julio Oswaldo Rojas Argueta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de julio de 2014.



Carlos Eduardo López Enriquez

Guatemala, 16 de septiembre de 2015

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por este medio me es grato comunicarle que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.”** desarrollado por el estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Carlos Eduardo López Enríquez, con carné 200915421.

Considero que el trabajo realizado cumple con los objetivos establecidos llenando los requisitos académicos y de práctica necesaria, en virtud de lo cual, lo doy por aprobado, solicitando darle el trámite correspondiente.

Atentamente,



Ing. José Manuel Prado Abularach

Ingeniero Mecánico Industrial

Colegiado No. 867





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Eduardo López Enríquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Renaldo Giron Alvarado
COLEGIADO 1977

Ing. Renaldo Giron Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.179.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Eduardo López Enríquez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

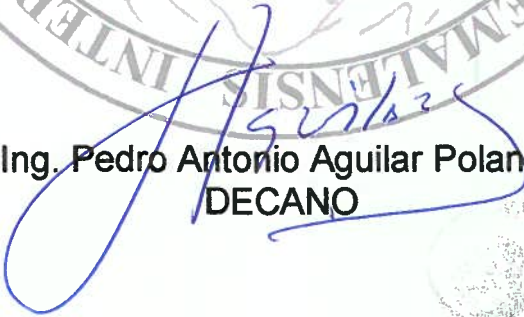


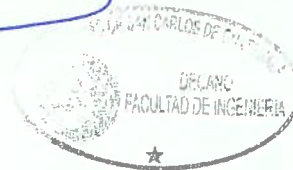
Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.490-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL MONTAJE DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TARIMAS DE MADERA EN LA EMPRESA TARIMAS PALO BLANCO S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Eduardo López Enríquez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO



Guatemala, octubre de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo y misericordioso que en mi vida, brinda fuerza, amor, bendición y sabiduría. Esto me permite lograr mis objetivos y sus propósitos.
Mi hijo	Matthew López, por ser parte de mi vida y mi mayor fuente de inspiración.
Mi esposa	Yessica Mérida, por su comprensión, confianza, fidelidad y apoyo.
Mis padres	Carlos López y Sara Enríquez de López, por su apoyo incondicional.
Mis hermanas	Evangelina y Paola Enríquez, por sus oraciones y apoyo moral.
Mis amigos	Ingrid Muralles y Ariel Cataví, por sus consejos e influir en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala Por la oportunidad de adquirir conocimiento.

Facultad de Ingeniería Por ser mi contexto de aprendizaje y formación.

Mi asesor Ing. José Manuel Prado Abularach, por compartir sus conocimientos y ayudarme desinteresadamente.

La empresa Tarimas Palo Blanco S. A., por su colaboración para la realización del presente trabajo.

2. MARCO TEÓRICO

2.1.	Edificios industriales.....	29
2.1.1.	Clases de edificios	29
2.1.2.	Tipos de edificios.....	31
2.2.	Techos industriales	34
2.2.1.	Tipos de techos	42
2.3.	Distribución en planta.....	44
2.3.1.	Distribución por proceso.....	44
2.3.2.	Distribución por producto.....	45
2.3.3.	Distribución por puesto fijo	45
2.4.	Cimentación de maquinaria.....	46
2.4.1.	Suelos	46
2.4.2.	Tipos de cimentación	47
2.5.	Instalación de maquinaria industrial y estructuras.....	49
2.5.1.	Anclajes.....	51
2.5.2.	Aislación de vibraciones en equipos	52
2.6.	Distribución de aire comprimido	54
2.6.1.	Presión de trabajo	54
2.6.2.	Dimensionado de tuberías.....	54
2.6.3.	Líneas de distribución y purga.....	57
2.6.4.	Soporte de tuberías.....	60
2.7.	Condiciones de trabajo.....	60
2.7.1.	Iluminación industrial.....	60
2.7.2.	Ruidos	69
2.7.3.	Ventilación.....	69
2.7.4.	Pisos industriales	70
2.8.	Transporte para el manejo de cargas.....	71
2.8.1.	Montacargas.....	71

3.	DISEÑO DEL MONTAJE	
3.1.	Tipo de edificio	73
3.1.1.	Área para infraestructura	73
3.1.2.	Diseño estructural.....	73
3.2.	Selección de maquinaria y equipo	89
3.2.1.	Maquinaria para procesos de producción.....	90
3.2.2.	Herramientas	94
3.2.3.	Transporte para el manejo y carga de tarimas	98
3.2.4.	Costos de maquinaria y equipo	102
3.3.	Distribución en la planta	103
3.3.1.	Maquinaria y equipo	103
3.3.2.	Estaciones de trabajo y requerimientos.....	106
3.4.	Detalles de cimentación y diseño	106
3.5.	Condiciones de trabajo	108
3.5.1.	Iluminación.....	108
3.5.2.	Ruido	121
3.5.3.	Pisos.....	121
3.6.	Diseños de bodegas de almacenamiento.....	122
3.6.1.	Materia prima.....	122
3.6.2.	Producto terminado	123
3.6.3.	Herramientas	123
3.7.	Manejo de desechos	123
3.7.1.	Desechos sólidos.....	123
3.8.	Distribución de aire comprimido	124
3.8.1.	Presión de trabajo.....	125
3.8.2.	Dimensionado de tuberías.....	125
3.8.3.	Líneas de distribución y purga	127
3.8.4.	Soporte de tuberías	129
3.9.	Costos del montaje de la línea de producción	130

4.	DISEÑO DE GUÍAS Y PROCEDIMIENTOS		
4.1.	Procedimientos para la producción		135
4.1.1.	Manejo de materiales		137
4.1.1.1.	Guía de verificación.....		138
4.1.1.2.	Guía de selección.....		140
4.1.1.3.	Guía de almacenamiento		142
4.1.2.	Pulido		144
4.1.3.	Ensamble		144
4.1.4.	Registro y representación de tiempo de producción.....		144
4.1.5.	Diagramas de flujo de proceso.....		145
4.1.6.	Diagramas de operaciones.....		148
4.1.7.	Diagramas de recorrido		149
4.2.	Procedimientos para productos de desecho		150
4.3.	Matriz de inspección de condiciones de edificio.....		151
4.4.	Informe de inspección de montacargas.....		153
4.5.	Informe de inspección de condiciones inseguras		154
4.6.	Procedimientos para la implementación del montaje		155
5.	SEGURIDAD INDUSTRIAL		
5.1.	Equipo de protección personal.....		157
5.1.1.	Protección visual		157
5.1.2.	Protección respiratoria		158
5.1.3.	Protección lumbar		159
5.1.4.	Protección al tacto.....		159
5.1.5.	Ropa de trabajo.....		160
5.1.6.	Protección para la cabeza		160
5.2.	Equipo de protección contra incendios.....		161
5.3.	Señalización.....		162

5.4.	Normas de seguridad	163
5.5.	Mantenimiento	166
5.5.1.	Montacargas	166
5.5.2.	Edificio	167
5.6.	Control de plagas	170
5.7.	Capacitación del personal	171
5.8.	Costos	173
5.8.1.	Equipo de seguridad e higiene	173
5.8.2.	Control de plagas.....	175
5.8.3.	Mantenimiento	175
CONCLUSIONES		177
RECOMENDACIONES.....		179
BIBLIOGRAFÍA.....		181
APÉNDICE.....		185
ANEXOS		189

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	2
2.	Tarima de cubierta única (modelo I).....	12
3.	Tarima de cubierta única (modelo II).....	13
4.	Tarima de cubierta única (modelo III).....	14
5.	Tarima de cubierta única (modelo IV)	15
6.	Tarima de cubierta única (modelo V)	16
7.	Tarima de cubierta única (modelo VI)	17
8.	Tarima de cubierta única (modelo VII)	18
9.	Tarima reversible (modelo I)	19
10.	Tarima reversible (modelo II)	20
11.	Acopio actual de tarimas	22
12.	Biseladora y desbarbadora CMD-4	23
13.	Compresor VT558709AJ.....	23
14.	Clavadora neumática Dorking CN-57.....	24
15.	Sierra de mesa Black & Decker SCP254P	24
16.	Estibador hidráulico.....	25
17.	Pruebas de decibeles.....	26
18.	Ubicación geográfica de la empresa	27
19.	Edificio de una planta.....	30
20.	Edificio de varias plantas.....	31
21.	Edificio de primera categoría.....	32
22.	Edificio de segunda categoría	33

23.	Edificio de tercera categoría	34
24.	Estructuras para techos planos.....	35
25.	Estructuras para techos con pendiente media	36
26.	Estructura para techos con pendiente alta.....	36
27.	Estructura para iluminación natural por ventanales	37
28.	Estructura para techos de pendiente variable.....	37
29.	Lámina galvanizada	38
30.	Lámina de zinc.....	39
31.	Lámina de aluzinc	39
32.	Lámina fibrocemento	40
33.	Losa de hormigón armado	40
34.	Lámina de policarbonato.....	41
35.	Techo de dos aguas	42
36.	Techo diente de sierra	43
37.	Techo curvo	43
38.	Distribución por proceso	44
39.	Distribución por producto	45
40.	Distribución por puesto fijo.....	46
41.	Cimentación directa	48
42.	Cimentación indirecta por pilotes	48
43.	Unión por soldadura.....	49
44.	Unión apernada	50
45.	Unión por tornillo.....	51
46.	Anclaje de maquinaria	52
47.	Aislamiento de vibraciones mediante elastómeros	53
48.	Resortes aislantes de vibración para maquinaria	53
49.	Tuberías de acero.....	57
50.	Tuberías de cobre.....	58
51.	Tuberías semirrígidas	59

52.	Tuberías flexibles	59
53.	Soportes para tubería de HG	60
54.	Iluminación natural	61
55.	Iluminación artificial	62
56.	Lámpara incandescente	63
57.	Lámpara fluorescente.....	65
58.	Lámpara de mercurio	66
59.	Lámpara de sodio	67
60.	Montacargas de combustión interna	72
61.	Montacargas eléctrico	72
62.	Área disponible para la infraestructura.....	74
63.	Estructura propuesta	75
64.	Declives para la estructura propuesta.....	77
65.	Lámina galvanizada acanalada	78
66.	Comportamiento gráfico de los perfiles laterales con mayor riesgo de fallas.....	83
67.	Caballote liso.....	86
68.	Sistema de captación de agua pluvial	88
69.	Flexómetro	98
70.	Fuerzas resultantes por estibado de mercancías.....	99
71.	Distribución en planta.....	105
72.	Plano de cimentación para zapatas aisladas	107
73.	Distribución de luminarias Área de Investigación y Operaciones	116
74.	Distribución de luminarias Área de Corte	119
75.	Distribución de luminarias Área de Producto Terminado	121
76.	Propuesta para losa de cimentación	122
77.	Toneles de metal para el depósito de desechos	124
78.	Distribución de aire comprimido	126
79.	Unidad de mantenimiento	127

80.	Diagrama de flujo del proceso estación-1	146
81.	Diagrama de flujo del proceso estación-2.....	147
82.	Diagrama de operaciones estación 1 y 2.....	148
83.	Diagrama de recorrido estación-1	149
84.	Diagrama de recorrido estación-2.....	150
85.	Proceso para manejo de desechos.....	151
86.	Lista de verificación de las condiciones del edificio	152
87.	Protector facial con visor de policarbonato	157
88.	Mascarilla de protección respiratoria	158
89.	Fajas de protección lumbar.....	159
90.	Guantes industriales	160
91.	Casco industrial	160

TABLAS

I.	Descriptor de puesto Gerente General	3
II.	Descriptor de puesto Asistente Administrativa.....	4
III.	Descriptor de puesto Jefe de Producción	5
IV.	Descriptor de puesto Supervisor de Producción.....	6
V.	Descriptor de puesto Operario de Corte	7
VI.	Descriptor de puesto Operario de Ensamble	8
VII.	Descriptor de puesto Operario de Acabados	9
VIII.	Longitud equivalente de tubería debida a accesorios	56
IX.	Cuadro comparativo de algunas lámparas comerciales	68
X.	Número total de costaneras y tubos rectangulares.....	76
XI.	Propiedades y características de los perfiles estructurales	85
XII.	Cantidad total de tornillos para la fijación de la cubierta	87
XIII.	Accesorios para el sistema de captación de agua pluvial	89

XIV.	Ficha técnica compresor C1073120HX.....	91
XV.	Ficha técnica sierra de mesa DWE7470	94
XVI.	Ficha técnica clavadora neumática N80CB1.....	95
XVII.	Ficha técnica lijadora eléctrica DWP362.....	96
XVIII.	Ficha técnica pistola neumática para pintar DH7900	97
XIX.	Especificaciones de tarima reversible	100
XX.	Ficha técnica montacargas Komatsu	102
XXI.	Costos de maquinaria y equipo	103
XXII.	Factores de peso	109
XXIII.	Niveles de iluminancia.....	109
XXIV.	Ficha técnica lámpara led186 Luxlite	110
XXV.	Valores de Fm sugeridos por la CIE.....	111
XXVI.	Reflectancias.....	112
XXVII.	Amplitud de iluminación Área de Investigación y Operaciones	113
XXVIII.	Coeficientes de utilización lumínica	114
XXIX.	Amplitud de iluminación Área de Corte	116
XXX.	Amplitud de iluminación Área de Producto Terminado.....	119
XXXI.	Longitud de segmentos de tubería de HG.....	127
XXXII.	Longitud equivalente de tubería debida a accesorios	129
XXXIII.	Costos estimados de la planta de producción.....	130
XXXIV.	Análisis de riesgo económico.....	131
XXXV.	Descriptor de puesto Operario 1 y 2	135
XXXVI.	Descriptor de puesto Operador de Montacargas	136
XXXVII.	Procedimiento general para el manejo de materiales	137
XXXVIII.	Hoja de verificación de tarimas	138
XXXIX.	Ficha de asignación de operaciones.....	140
XL.	Fallas principales en tarimas.....	140
XLI.	Guía de almacenamiento para el producto terminado.....	143
XLII.	Etiqueta adhesiva para producto terminado.....	143

XLIII.	Registro de tiempos cronometrados	144
XLIV.	Informe de inspección de montacargas	153
XLV.	Informe de inspección de condiciones inseguras	154
XLVI.	Equipo de protección contra incendios	161
XLVII.	Uso obligatorio de EPP para cada área o actividad	162
XLVIII.	Programa de mantenimiento para montacargas	166
XLIX.	Programa de mantenimiento para edificio	167
L.	Programa de capacitaciones	172
LI.	Costos por equipo de seguridad industrial	174
LII.	Costos control de plagas	175

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
~	Aproximadamente
K	Grados Kelvin
kg	Kilogramo
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
lb	Libra
lm	Lumen
≥	Mayor o igual
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
mm	Milímetro
Pa	Pascal
ft ³ /min	Pies cúbicos por minuto
%	Por ciento, equivalente al factor 0,01
in	Pulgada
t	Tonelada métrica (1 000 kg)
W	Vatio

GLOSARIO

Arandela	Pieza circular con un orificio en el centro, que sirve para asegurar el cierre hermético de una junta o evitar el roce entre dos piezas.
Arcilla	Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, que mezclada con el agua forma una materia prima muy plástica que se endurece al calentarse.
Balasto eléctrico	Equipo que sirve para mantener estable y limitar la intensidad de la corriente.
Borosilicato	Material de vidrio de baja dilatación.
Caballete	Cumbrera que conecta los faldones más altos de una cubierta.
Cédula 40	Clasificación estándar de tuberías, en relación al espesor, flujo, temperatura y presión de trabajo.
CFM	Pies cúbicos por minuto.
Cimiento	Parte de una construcción que está bajo tierra y le da solidez, le sirve de base y apoyo.

Claros	Parte de un edificio o de una fachada que no tiene en su interior, travesaños u otros apoyos.
Concreto armado	Material compuesto de cemento, arena y una estructura de hierro.
Corrosión galvánica	Proceso electroquímico en el que un metal se corroe cuando está en contacto eléctrico con un tipo diferente de metal y ambos metales se encuentran en un medio húmedo.
Cuarzo	Óxido de silicio que se presenta en cristales, con diversos colores y grados de transparencia.
Equidistante	Punto o elemento, que se encuentra a la misma distancia entre sí con respecto a otros.
Estupefaciente	Sustancia medicinal que provoca sueño.
Psicotrópico	Sustancia que actúa sobre el sistema nervioso central, generando cambios en la conducta, la percepción y la conciencia.
Fraguado	Proceso de secado del cemento.
Galvanizado	Proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro.

Grava	Conjunto de piedras pequeñas que proceden de la fragmentación y disgregación de rocas.
Hormigón armado	Material compuesto de cemento, arena, grava y una estructura de hierro.
Horquilla	Pieza con dos puntas iguales, que sirve para sujetar y trasladar materiales.
Interpolación	Método que permite encontrar datos desconocidos entre otros datos ya conocidos.
Led	Diodo emisor de luz.
Limo	Barro, en especial mezclado con restos orgánicos.
Mampostería	Procedimiento de construcción en que se unen las piedras con argamasa sin ningún orden de hiladas o tamaños.
PVC	Material termoplástico obtenido de la polimerización de cloruro de vinilo.
Polín	Trozo de madera prismático, de longitud variable, que sirve de base en la fabricación de tarimas.
psi	Presión por pulgada cuadrada.

Sección transversal	Área que se obtiene cuando se corta un sólido en forma paralela a la base.
Te	Tiempo estándar.
Tn	Tiempo normal.
Taco	Trozo de madera, generalmente de forma rectangular, que se emplea en la fabricación de tarimas.
Zapata	Pieza de material compuesto, sobre la que se apoya una estructura, especialmente una viga.

RESUMEN

Tarimas Palo Blanco S. A., es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de tarimas de madera de primera y segunda categoría, las cuales se definen como plataformas horizontales de madera, con una altura mínima compatible para la manipulación con montacargas y estibadores manuales, sirviendo como base para el transporte, almacenamiento y aislamiento de mercancías de las condiciones imprevistas en el suelo. Durante su recorrido se logran pequeños avances que la califican como una entidad capaz de producir eficazmente estos productos.

Uno de los principales problemas que enfrenta la empresa, radica en el crecimiento único por cumplimiento de demanda, sin tomar en cuenta las necesidades de infraestructura, calidad, organización y control de los procesos que forman parte de la cadena fundamental de desarrollo de la empresa.

Las tarimas usadas debido a su pérdida de vida útil, se consideran productos de baja calidad y rentabilidad; ya que por sus condiciones permanecen en la empresa por tiempos prolongados, generando obstrucciones en áreas de acceso y de trabajo. Al mismo tiempo proliferan plagas debido al abandono, ello afecta el confort laboral y seguridad de los trabajadores.

Efectos desfavorables para la empresa debido a la acumulación de tarimas en mal estado, suscitan diseñar una planta de producción que pueda contribuir con la reutilización de tarimas de madera a través de procedimientos de restauración, de acuerdo con los estándares de calidad establecidos por la demanda y el comercio.

OBJETIVOS

General

Diseñar una planta de producción que permita la reutilización de tarimas de madera en la empresa Tarimas Palo Blanco S. A.

Específicos

1. Determinar el área para el diseño de la infraestructura que resguarde y garantice los procesos de fabricación y restauración de tarimas.
2. Investigar el equipo necesario para fabricar y restaurar tarimas.
3. Estipular la distribución adecuada de la maquinaria, equipo y estaciones de trabajo.
4. Diseñar el cimiento apropiado para el montaje de la maquinaria, equipo y estaciones de trabajo.
5. Establecer guías y procedimientos que permitan el desarrollo de los procesos de fabricación y restauración de tarimas.
6. Especificar el equipo de seguridad industrial que se utilice en los procesos de fabricación y restauración de tarimas.

INTRODUCCIÓN

La empresa Tarimas Palo Blanco S. A., enfrenta el reto de mejorar la infraestructura, organización y control de calidad en sus productos, esto demanda soluciones que permitan garantizar la satisfacción del cliente.

La ausencia de una gestión integral en la empresa, desenlaza una serie de causas que aquejan su desarrollo, tales como: medios de transporte inapropiados para el producto, maquinaria obsoleta, déficit de techos para los procesos de fabricación, almacenaje de materia prima, producto terminado, así como el despilfarro de recursos, entre otras condiciones que desfavorecen los alcances máximos de productividad y calidad en el sistema.

El diseño de la planta de producción, incluye aspectos relacionados a la infraestructura, organización y control de procesos de fabricación, como solución a los problemas operacionales o de deficiencia descritos anteriormente, de esta manera se responde a la demanda y calidad de los diferentes productos. Los diseños de infraestructura, distribución de maquinaria y equipo, entre otros diseños desarrollados permitirán agilizar los procesos de fabricación y brindar un sistema de aprovechamiento máximo de los recursos.

Para implementar el modelo de diseño, es indispensable conformar un equipo de trabajo integral, a cuyos miembros se designen las funciones, el control y seguimiento de las propuestas realizadas. Guías y procedimientos permitirán el desarrollo de una cultura organizacional enfocada a la mejora continua y satisfacción de los requerimientos del cliente.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Estructura organizacional

Tarimas Palo Blanco S. A., inicia sus actividades en el 2009. Actualmente es una de las empresas productoras de tarimas de madera que se encuentra funcionando al este del departamento de Sacatepéquez, Guatemala. En el 2010 la empresa logra tecnificar su producción y expandir su mercado, a través de la fabricación diversa de tarimas bajo pedido, ello tiene como resultado un crecimiento considerable por cumplimiento de demanda.

A continuación, se presentan los principios de desarrollo establecidos por la empresa.

1.1.1. Misión

Producir y comercializar de manera eficiente tarimas de madera de primera y segunda categoría de calidad competitiva, que superen las expectativas de los clientes para mantener la continuidad de la producción y de los eslabones de la cadena logística.

1.1.2. Visión

Ser una empresa líder en el comercio local y exterior para clientes en Centroamérica, por la confiable fabricación y renta de tarimas de madera.

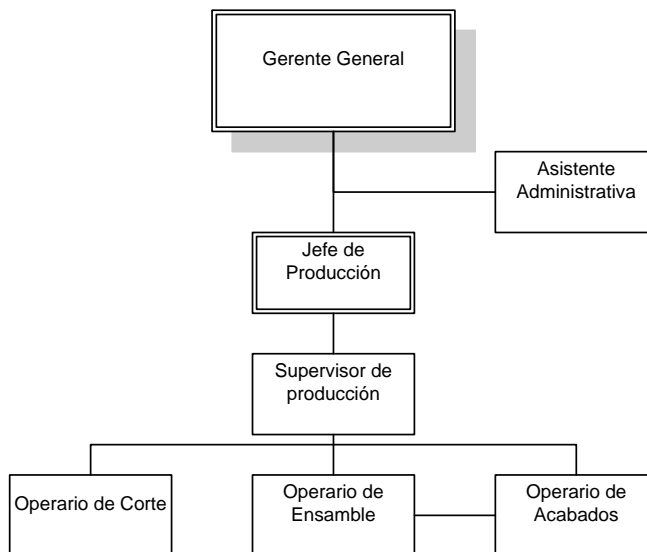
1.1.3. Política de calidad

La empresa Tarimas Palo Blanco S. A., tiene el compromiso de formar la mejor planta de producción de tarimas de madera, basada en un proceso de mejoramiento continuo, mediante la práctica de los principios de liderazgo, desarrollo humano y seguridad en las operaciones, para garantizar la satisfacción de los clientes, a través de la fabricación de productos de calidad, en concordancia con los cambios tecnológicos.

1.1.4. Organigrama

Tarimas Palo Blanco S. A., cuenta con una estructura organizacional convencional, por ser pequeña empresa, resulta fácil apreciar las relaciones de sus principales órganos.

Figura 1. Organigrama de la empresa


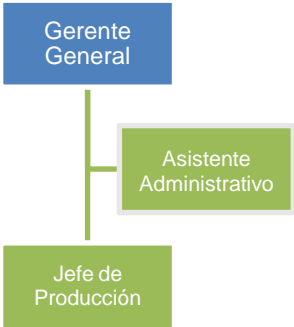


Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

1.1.5. Descripción de puestos

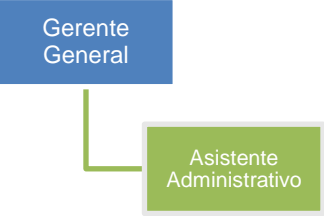
Actualmente la empresa cuenta con los siguientes puestos de trabajo:

Tabla I. **Descriptor de puesto Gerente General**

 <p>TARIMAS PALO-BLANCO S.A.</p>	<h2>Gerente General</h2>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Gerencial. Reporta a: Gerentes Corporativos. Le reportan: Asistente Administrativa, Jefe de Producción.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Planear, dirigir, organizar y controlar la gestión integral dentro de la empresa.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elabora planes estratégicos. • Coordina actividades administrativas. • Encargado de realizar negocios con proveedores y clientes. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD GG[Gerente General] --- AA[Asistente Administrativo] GG --- JP[Jefe de Producción] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enriquez.</p>	<p>Revisó:</p>	


Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla II. **Descriptor de puesto Asistente Administrativa**

 <p>TARIMAS PALO BLANCO S.A.</p>	<p>Asistente Administrativa</p>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Administración. Reporta a: Gerencia General. Le reportan: ninguno</p>		
<p>Objetivo del puesto: Desarrollar y ejecutar procesos de carácter administrativo.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encargada de desempeñar labores de secretaria. • Realiza registros contables. • Asiste en el desarrollo de los programas y actividades de la organización. • Atiende solicitudes de compra. • Encargada del proceso de reclutamiento y selección del personal. • Tramita los depósitos bancarios para el pago a proveedores y empleados. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD GG[Gerente General] --- AA[Asistente Administrativo] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	

Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla III. **Descriptor de puesto Jefe de Producción**

 <p>TARIMAS PALO BLANCO S.A.</p>	<p>Jefe de Producción</p>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Producción. Reporta a: Gerencia General. Le reportan: Supervisor de Producción.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Cumplir con la demanda y estándares de calidad requeridos en cada producto.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordina, monitorea, programa las actividades de producción. • Controla el inventario de materia prima y producto terminado. • Monitorea que el producto terminado llegue a su destino final (cliente). • Toma decisiones de carácter administrativo y operativo en conjunto con el Gerente General. • Realiza estudios de nuevos procedimientos o métodos de trabajo. • Elabora informes periódicos de los resultados de la producción. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD JP[Jefe de Producción] --- SP[Supervisor de Producción] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla IV. **Descriptor de puesto Supervisor de Producción**

 <p>TARIMAS PALO BLANCO S.A.</p>	<h2>Supervisor de Producción</h2>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Producción. Reporta a: Jefe de Producción. Le reportan: operarios.</p>		
<p>Objetivo del puesto:</p> <p>Cumplir con la programación establecida de producción.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisa la calidad en los procesos de fabricación. • Lidera y brinda apoyo a grupos de trabajo. • Impulsa el mejoramiento continuo de la empresa. • Toma decisiones de carácter operativo en conjunto con el Jefe de Producción. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[Supervisor de Producción] --> B[Operario de Corte] A --> C[Operario de Ensamble] A --> D[Operario de Acabados] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla V. **Descriptor de puesto Operario de Corte**

 <p>TARIMAS PALO BLANCO S.A.</p>	<p>Operario de Corte</p>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Producción/ Área de Corte Reporta a: Supervisor de Producción. Le reportan: ninguno.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Ejecutar las tareas de producción asignadas por sus superiores.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifica el estado de la materia prima. • Elabora piezas de madera para ensamble. • Notifica al Supervisor de Producción cualquier anomalía en el proceso de corte. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[Supervisor de Producción] --- B[Operario de Corte] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	

Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla VI. **Descriptor de puesto Operario de Ensamble**

 <p>TARIMAS PALO-BLANCO S.A.</p>	<p>Operario de Ensamble</p>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Producción/ Área de Ensamble Reporta a: Supervisor de Producción. Le reportan: ninguno.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Ejecutar las tareas de producción asignadas por sus superiores.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elabora cada producto de acuerdo con especificaciones requeridas por el cliente. • Notifica al Supervisor de Producción cualquier anomalía en el proceso de fabricación. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[Supervisor de Producción] --- B[Operario de Ensamblaje] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	

Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

Tabla VII. **Descriptor de puesto Operario de Acabados**

 <p>TARIMAS PALO BLANCO S.A.</p>	<p>Operario de Acabados</p>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Departamento: Producción/ Área de Acabados. Reporta a: Supervisor de Producción. Le reportan: ninguno.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Ejecutar las tareas de producción asignadas por sus superiores.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Responsable de los acabados del producto. • Encargado de llevar el registro correspondiente de los egresos e ingresos de tarimas. • Notifica al Supervisor de Producción cualquier anomalía en los procesos de acabados. 		
<p>Ubicación organizacional:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A[Supervisor de Producción] --- B[Operario de Acabados] </pre> </div>		
<p>Elaboró: Carlos Eduardo López Enríquez.</p>	<p>Revisó:</p>	

Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa.

1.2. Situación actual

A continuación se enmarca un conjunto de debilidades y fortalezas propias de la empresa, que ayudan a tener una perspectiva al cambio con fines de mejora, en el cual este proyecto se enfatiza.

1.2.1. Descripción de las instalaciones físicas

La empresa Tarimas Palo Blanco S. A., durante los últimos años ha tenido un paulatino crecimiento económico, al mismo tiempo ha venido aplazando el desarrollo por completo de su infraestructura. Actualmente se cuenta con un área temporal para la producción y oficinas donde diariamente se planifica su mejoramiento integral.

1.2.2. Descripción del producto

El entorno de la empresa radica principalmente en los procesos de fabricación y comercialización de tarimas de primera y segunda categoría, las cuales se definen como plataformas horizontales de madera, con una altura mínima compatible para la manipulación por montacargas y estibadores manuales, sirviendo como base para el transporte, almacenamiento y aislamiento de mercancías, de las condiciones imprevistas en el suelo.

Para la fabricación de tarimas se emplea la madera de pino con un porcentaje de humedad arriba del 30 %, tiene la característica de ser liviana, blanda y de bajo costo, además ofrece buenos niveles de resistencia mecánica para la fabricación de tarimas.

La dimensión nominal de cada tarima puede ser de 40 x 48 pulgadas, con taco para cargas modulares o de 40 x 40 pulgadas, con polín para cargas uniformes.

En cuanto a los tipos de tarimas que se fabrican, se agrupan dos variantes: las tarimas de cubierta única y las reversibles.

- Tarima de cubierta única

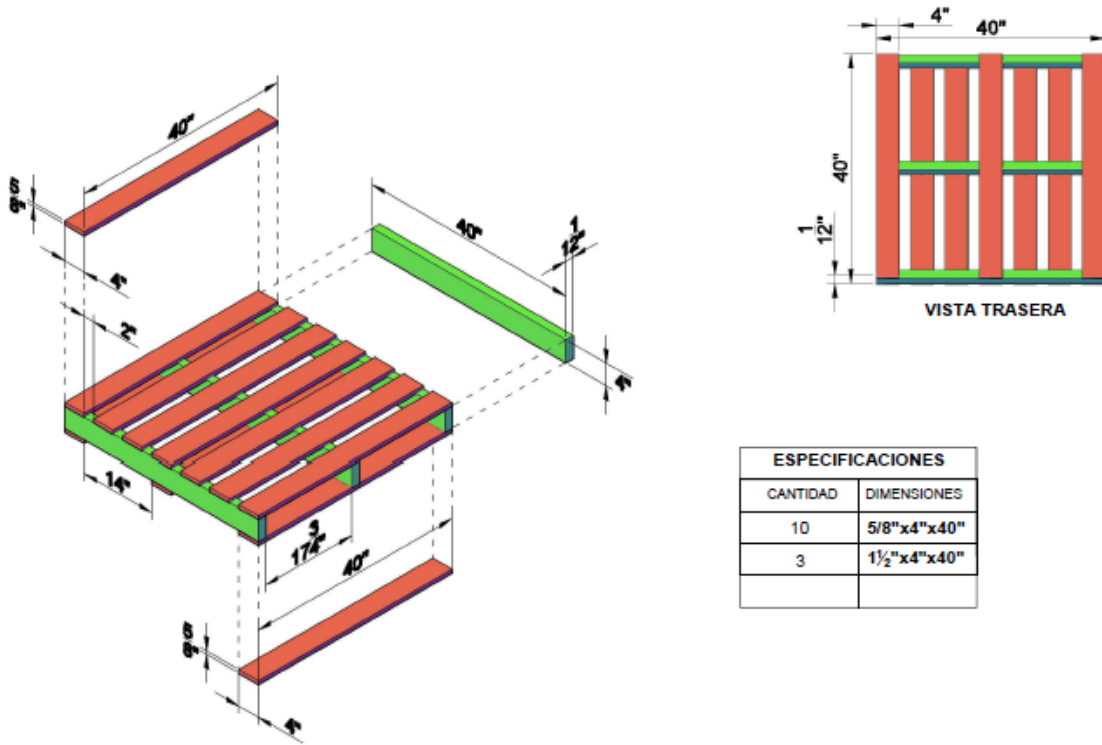
Este tipo de tarima tiene la característica de poseer un piso único con base de tablas de igual o distinta dimensión, distribuidas a lo largo de manera uniforme o diversa, equidistante y perpendicular a los largueros. Es útil para cargas concentradas y densas.

- Tarima de cubierta única con polines

Esta tarima tiene la peculiaridad de poseer tres largueros de dimensiones homogéneas, que sirven de base para la fabricación de tarimas de cubierta única y reversible. Es una tarima simple y de menor costo comparada con las de doble faz.

Modelo I: tarima de polín, con espacios idénticos entre tablas de igual dimensión, con doble entrada para cuchillas de montacargas en dos direcciones opuestas.

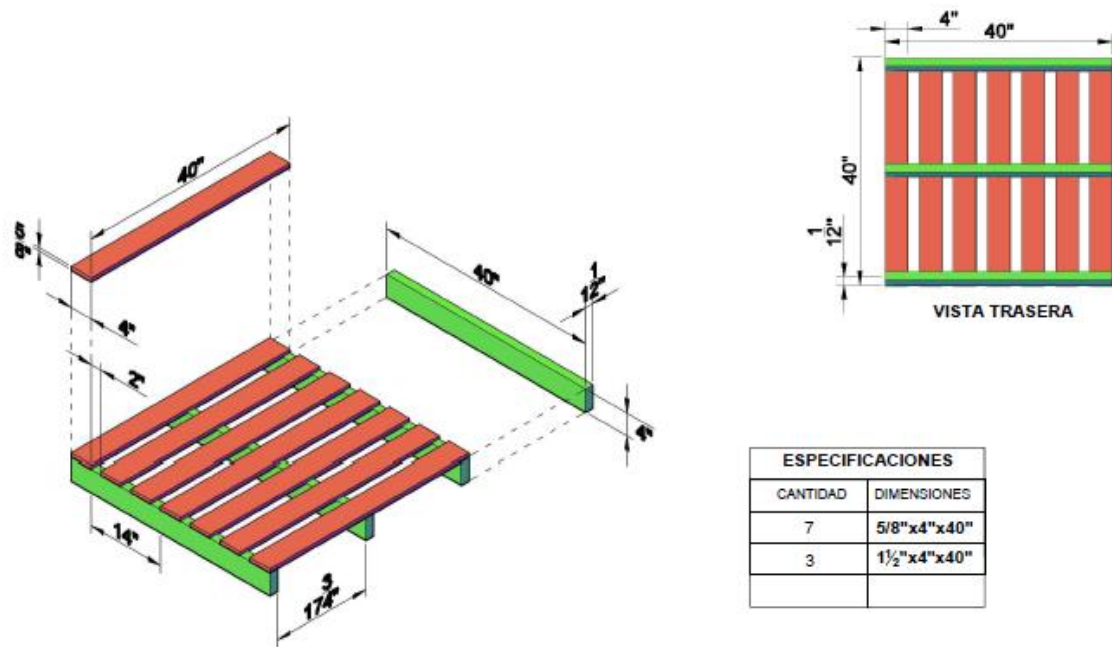
Figura 2. Tarima de cubierta única (modelo I)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

Modelo II: tarima de polín, con espacios idénticos entre tablas de igual dimensión, con doble entrada para horquillas de estibadores manuales o cuchillas de montacargas, en dos direcciones opuestas.

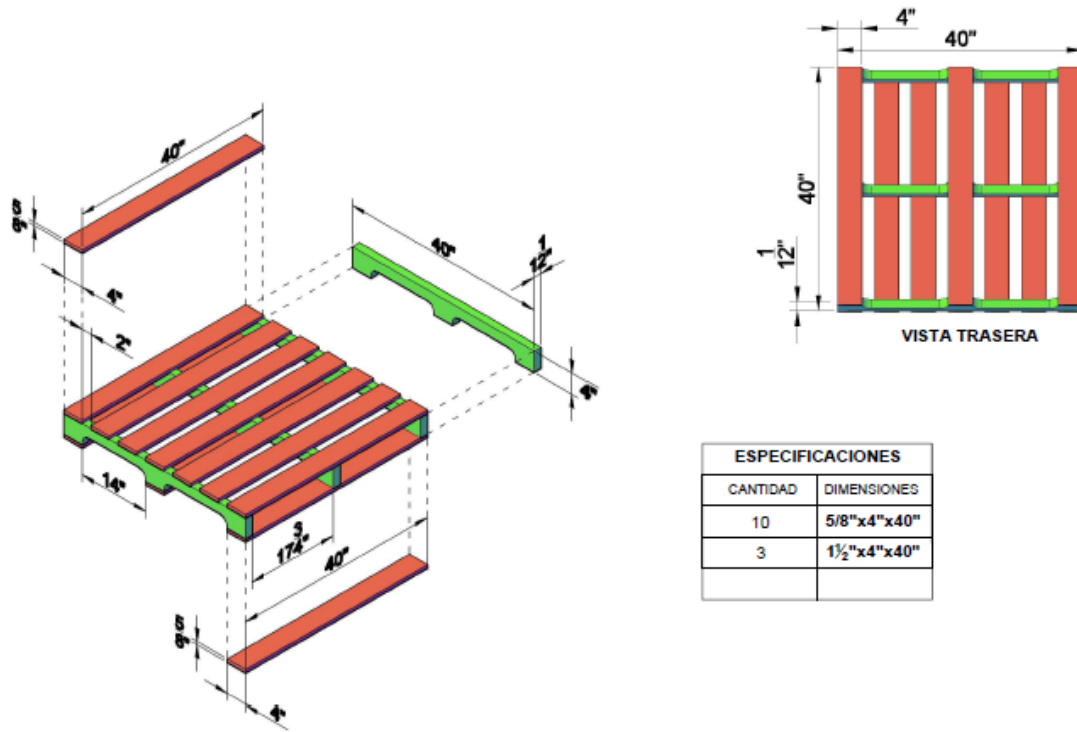
Figura 3. Tarima de cubierta única (modelo II)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

Modelo III: tarima de polín, con espacios idénticos entre tablas de igual dimensión, con cuatro entradas parciales que permiten el pasaje de las cuchillas de un montacargas por cuatro direcciones y las horquillas de un estibador manual en dos direcciones opuestas.

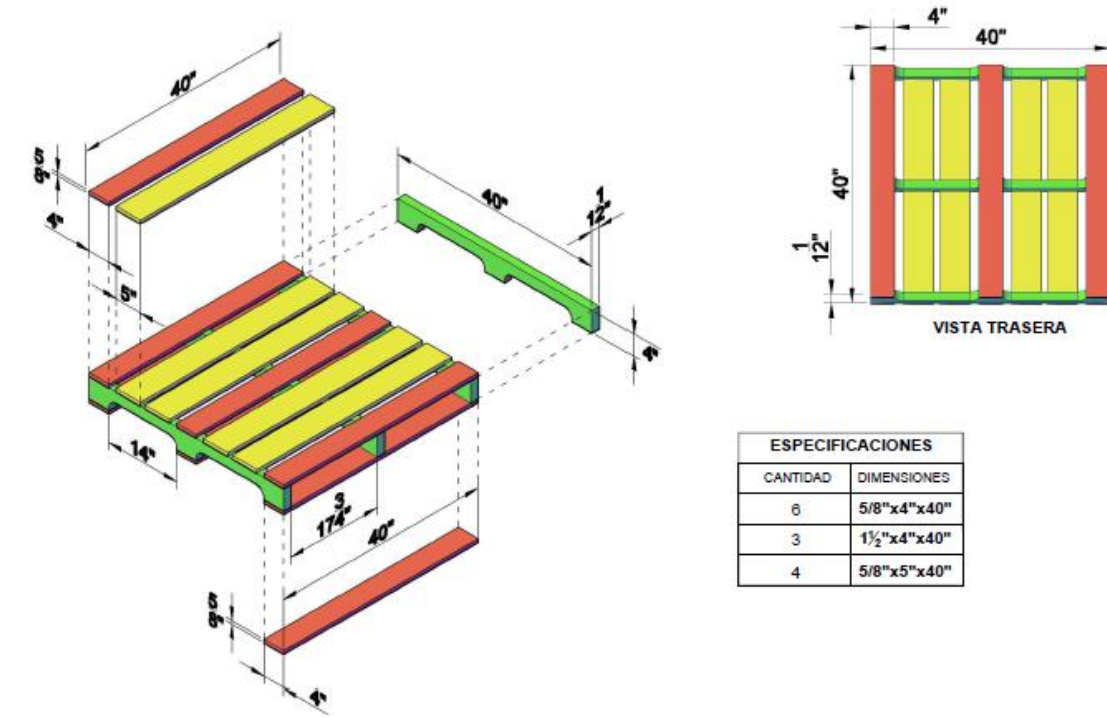
Figura 4. Tarima de cubierta única (modelo III)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

Modelo IV: tarima de polín, con espacios desiguales y equidistantes entre tablas de diferente dimensión. Este modelo puede tener características de los modelos I, II, y III.

Figura 5. **Tarima de cubierta única (modelo IV)**



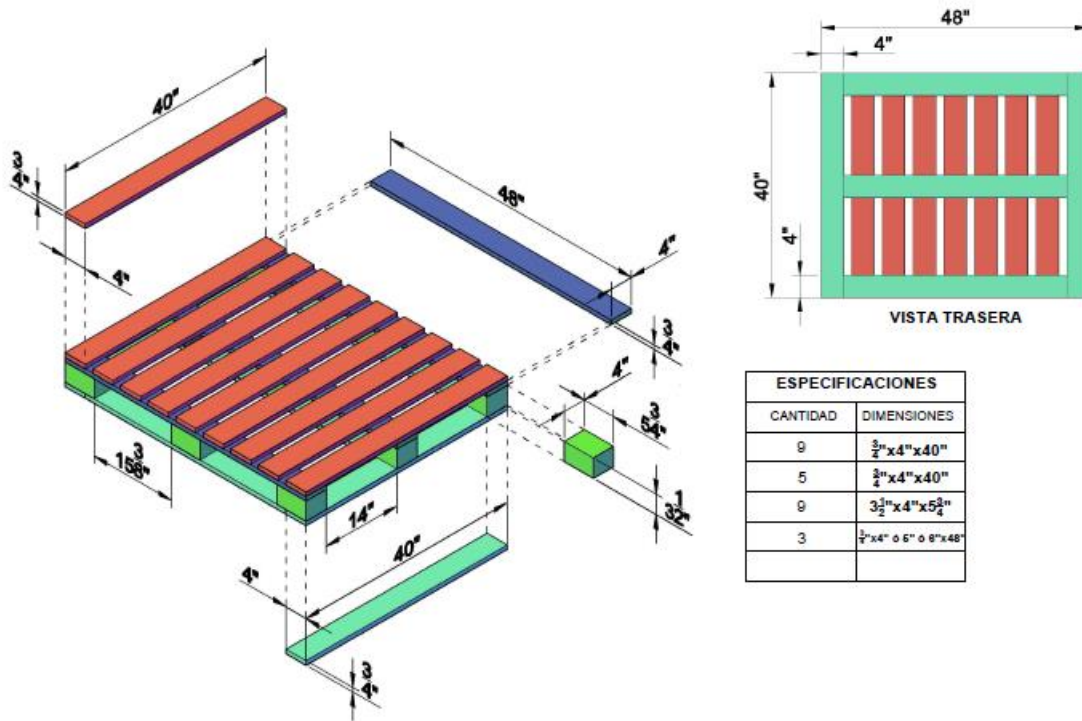
Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

- Tarima de cubierta única con tacos

Este tipo de tarima se caracteriza por la localización de 9 tacos de madera distribuidos en los bordes y en el centro geométrico de cada tarima. Su diseño permite el traslado de mercancías por medio de montacargas o estibadores manuales.

Modelo V: tarima de tacos, con espacios idénticos entre tablas de igual dimensión, con cuatro entradas para cuchillas de montacargas.

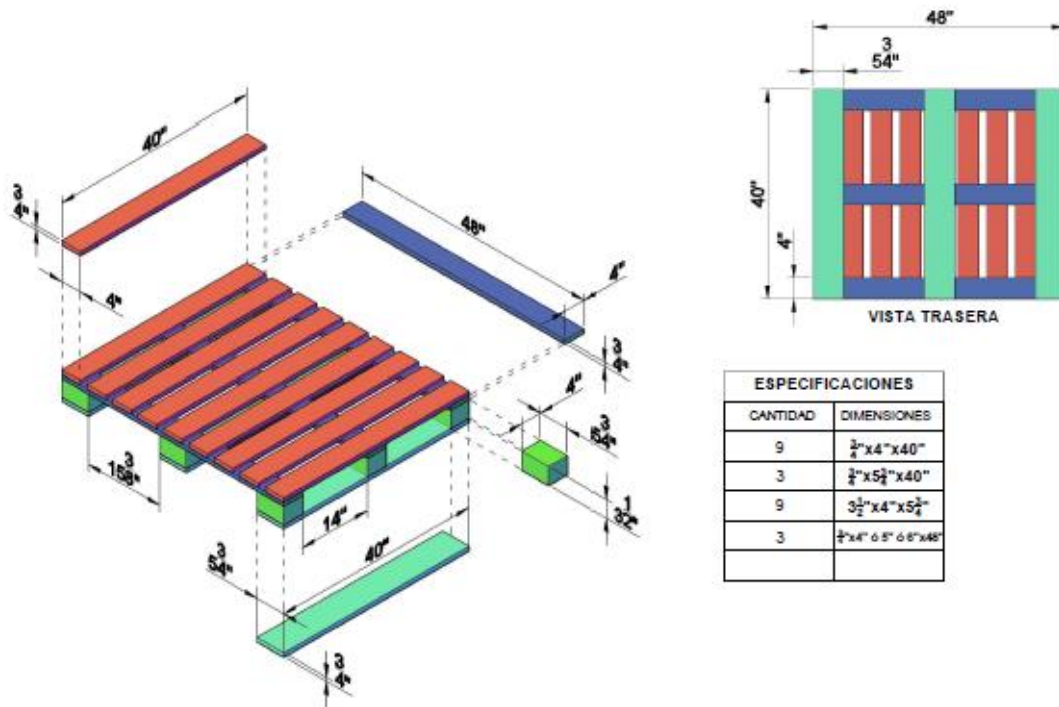
Figura 6. Tarima de cubierta única (modelo V)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

Modelo VI: tarima de tacos, con espacios idénticos entre tablas de igual dimensión, con cuatro entradas parciales que permiten el paso de las cuchillas de un montacargas en cuatro direcciones y las horquillas de un estibador manual en dos direcciones opuestas.

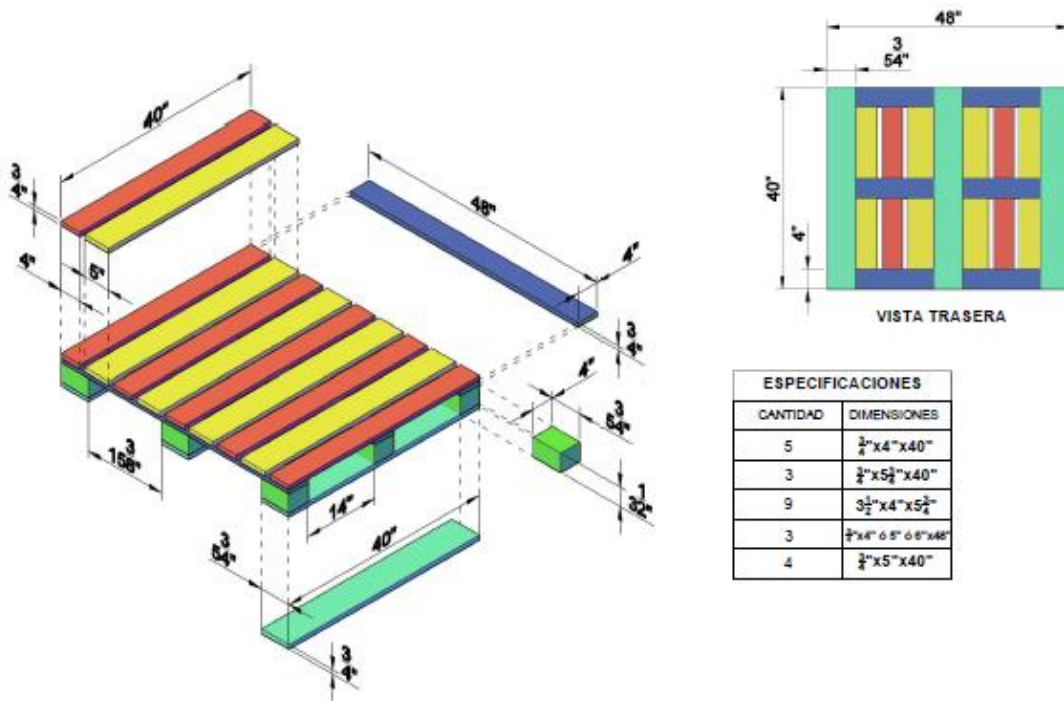
Figura 7. **Tarima de cubierta única (modelo VI)**



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

Modelo VII: tarima de tacos, con espacios desiguales y equidistantes entre tablas de diferente dimensión. Este modelo puede tener características de los modelos VI y VII.

Figura 8. Tarima de cubierta única (modelo VII)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

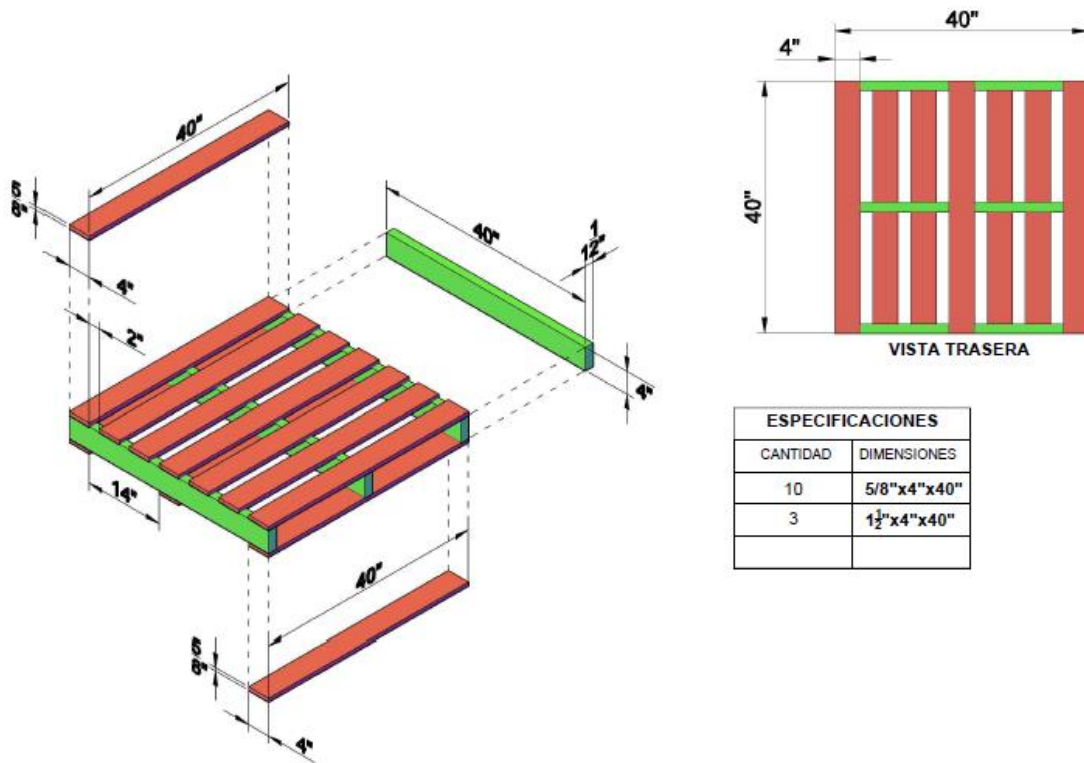
- Tarima reversible

Se le denomina reversible al tipo de tarima que posee doble faz para el soporte o carga de mercancías. Su diseño contiene más madera que otros modelos y es idónea para cargas susceptibles a aplastamiento debido a su firmeza. No apta para estibadores manuales.

- Tarima reversible con polines

Tarima reversible que parte del mismo principio de fabricación de las tarimas de cubierta única. A diferencia del modelo IV esta tarima no puede contener largueros característicos al modelo III.

Figura 9. Tarima reversible (modelo I)

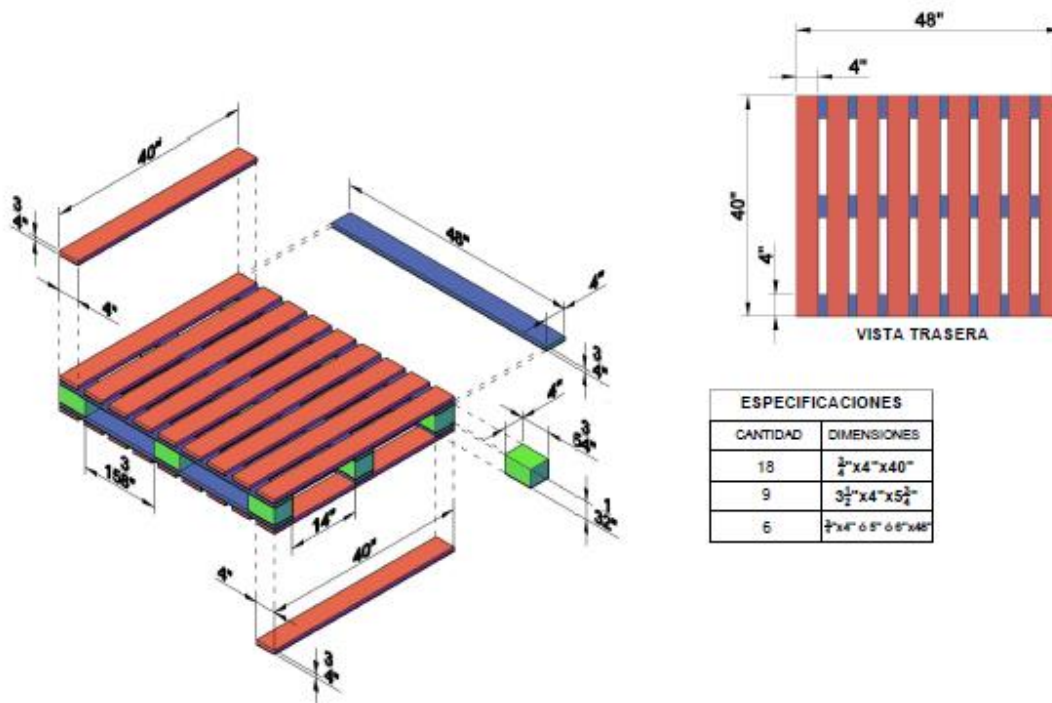


Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

- Tarima reversible con tacos

Este tipo de tarima es ideal para soportar grandes cargas por su diseño y cantidad de piezas de madera ensambladas. Su valor económico es mayor a otros modelos.

Figura 10. Tarima reversible (modelo II)



Fuente: elaboración propia, a partir de información proporcionada por la empresa, empleando AutoCAD.

En la mayoría de los casos, en los bordes de cada tarima, suele realizarse un bisel para facilitar el paso de las cuchillas de un montacargas u horquillas de un estibador manual.

1.2.3. Descripción de actividades

Tarimas Palo Blanco S.A., es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de tarimas de madera de primera y segunda categoría, que surge a partir del año 2009 con una producción básica de crecimiento paulatino. La ausencia de una gestión integral en la empresa, desenlaza un sinnúmero de causas que aquejan su desarrollo, a tal grado que aún no se estipulen procedimientos necesarios para una fabricación eficiente y segura.

1.2.3.1. Procesos actuales de almacenaje y carga

Para el transporte del producto se utiliza un estibador manual, el cual se limita al soporte y elevación de cada lote de tarimas, generando deficiencias en los procesos e inseguridad por la necesidad de requerir en ocasiones de la fuerza física.

Las tarimas provenientes de la renta, por su pérdida vida útil o deterioro, se consideran productos de baja calidad o rentabilidad, que por sus condiciones permanecen en la empresa por tiempos prolongados en áreas inapropiadas, generando obstrucciones en rutas de acceso y lugares de trabajo, paros de producción por saturaciones, así como la generación de plagas o carcomas por su abandono, afectando en gran parte el confort laboral.

La falta de techos, hace que las tarimas o producto terminado permanezcan a la intemperie bajo la acción de las inclemencias del tiempo, desfavoreciendo los alcances máximos de resistencia y calidad en el producto.

Figura 11. **Acopio actual de tarimas**



Fuente: empresa Tarimas Palo Blanco S. A.

1.2.4. Maquinaria y equipo

Para lograr satisfacer la demanda, la empresa cuenta con la siguiente maquinaria para el desarrollo de los procesos de fabricación de tarimas:

- Una biseladora eléctrica con motor de 0,5 hp y 2 800 rpm, ángulo de bisel de 15° y 45° con tamaño de hasta 6 mm.

Figura 12. **Biseladora y desbarbadora CMD-4**



Fuente: TTMC. *Catálogo de la empresa*. <http://spanish.alibaba.com/product-gs/cmd-4edge-beveller-829428944.html>. Consulta: 11 de marzo de 2014.

- Un compresor Campbell Hausfeld con motor AC de 3 450 rpm, 3.2 hp y una capacidad de 60 galones.

Figura 13. **Compresor VT558709AJ**



Fuente: OASA. *Catálogo de la empresa*. <http://www.oasatijuana.com/tepic/compresor-de-aire-60-galones/campbell.htm>. Consulta: 11 de marzo de 2014.

- Dos clavadoras neumáticas Dorking con capacidad para 360 clavos, presión mínima y máxima de 4 bar y 8 bar respectivamente y un consumo de 2,5 lt por golpe.

Figura 14. **Clavadora neumática Dorking CN-57**



Fuente: *Catálogo de la empresa*. http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-581438794-clavadora-neumatica-industrial-dorking-cn-57-cordoba-_JM. Consulta: 11 de marzo de 2014.

- Una sierra circular de mesa Black & Decker con disco de 25 cm de diámetro, potencia de 1 500 W e inclinación de corte de 0° a 45°.

Figura 15. **Sierra de mesa Black & Decker SCP254P**



Fuente: *Catálogo de la empresa*. <http://www.hechoxnosotrosmismos.com/t13709-resuelto-sierra-circular-de-banco-consulta>. Consulta: 11 de marzo de 2014.

- Un estibador manual hidráulico.

Figura 16. **Estibador hidráulico**



Fuente: Montacargas y Patines Hidráulicos Ramírez. *Catálogo de la empresa*.
http://montacargasramirez.mex.tl/photo_1062176_PATIN-HIDRÁULICO-2-500-KG.html.
Consulta: 11 de marzo de 2014.

1.2.5. Condiciones de trabajo

Tarimas Palo Blanco S. A., se caracteriza por tener suelos rústicos e indefinidos, que dificultan el movimiento de materiales en la producción. En temporadas lluviosas, estos problemas se intensifican por la generación de limos.

La utilización de herramientas o equipo neumático en los procesos de fabricación de tarimas, generalmente ocasionan ruidos característicos, que por estar en un ambiente de trabajo con mucha resonancia, logran escucharse en residencias colindantes, generando intensidades de sonido por arriba de los 90 decibeles. Equipos como sierras eléctricas, logran llegar en promedio hasta los 115 dB, que continuamente van generando problemas auditivos al personal

expuesto directamente a estos equipos. La siguiente figura detalla el equipo de medición y las muestras tomadas en los equipos de trabajo descritos anteriormente.

Figura 17. Pruebas de decibeles



Fuente: equipo de medición SPL Meter.

Por otro lado, la falta de techos hace que la iluminación artificial se vea limitada, aprovechando únicamente la luz del día para la fabricación de tarimas. En períodos de poca luz los trabajos representan un esfuerzo visual mayor.

La ventilación juega también un papel importante en este tipo de industrias, influyendo en gran parte en el rendimiento de los trabajadores. Por ser una empresa que se encuentra ubicada en una zona geográfica al Este del departamento de Sacatepéquez (km 34,5 carretera Antigua Guatemala), donde

predomina el clima frío y las corrientes de aire son tan pronunciadas, la ventilación se da de carácter natural.

Figura 18. **Ubicación geográfica de la empresa**



Fuente: Google Maps. Consulta: 13 de marzo de 2014.

1.2.6. **Manejo de desechos**

Los residuos provenientes del área de producción, como: el aserrín, trozos y viruta de madera, no tienen un proceso de recolección, que evite la contaminación y la vulnerabilidad a enfermedades respiratorias en los trabajadores. En el capítulo 3 y 4 se detalla el tratamiento de este tipo de desechos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Edificios industriales

Los edificios industriales es toda estructura diseñada para satisfacer funcionalmente las necesidades exigidas por los procesos productivos, junto a las requeridas por los medios auxiliares, tomando en cuenta las necesidades y el confort de las personas que laboran en él, además de enfatizar factores ambientales, tales como: una adecuada iluminación, calefacción, climatización, nivel de ruido, humedad, entre otros, con el objetivo de minimizar los impactos asociados a su construcción.

2.1.1. Clases de edificios

Los edificios industriales pueden ser de una o varias plantas, la selección dependerá del análisis de las ventajas que ofrecen unos y otros, acorde a los procesos productivos, administrativos y minimización de costos.

- Edificios de una planta

Estos edificios se caracterizan por poseer una amplia separación entre sus columnas, permitiendo una buena accesibilidad y una buena distribución de la maquinaria y equipo de trabajo, así como también un control fácil y eficaz en sus operaciones. Son adecuados para soportar cargas altas, brindan mayor seguridad y son de menor costo comparados con los edificios de varias plantas.

Figura 19. **Edificio de una planta**



Fuente: *Edificio de una planta*. <https://limpiezasrotil.com/blog/otros/consejos-para-limpiar-naves-industriales/>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Edificios de varias plantas

Estos edificios son ventajosos cuando se desea una circulación por gravedad en los procesos de producción, debido a la insuficiente área para construir.

“Para los tipos usuales de construcción y para cargas vivas en los entrepisos de hasta aproximadamente 200 Lbs/pie², se considera económica una separación entre columnas de 12 a 14 metros en ambas direcciones.”¹

¹ TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 81.

Figura 20. **Edificio de varias plantas**



Fuente: *Edificio de varias plantas*. <http://www.cerveceriacentroamericana.com/wp-content/uploads/2012/04/contemporanea-91-764x564.jpg>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

2.1.2. Tipos de edificios

Existen tres categorías de edificios industriales, que distinguen un edificio de otro, por su apariencia, materiales para su construcción, costos de fabricación, su valor de rescate y las necesidades que el proceso productivo requiere para su óptimo funcionamiento.

- Edificios de primera categoría

Estos edificios se caracterizan por tener una estructura principal de concreto armado o de hormigón armado, con acabados finos mediante el cernido de sus superficies, utilizando materiales tradicionales como cal, cemento y arena blanca. Por las circunstancias de diseño en estos edificios, es

inevitable la iluminación y ventilación artificial; tienen alta duración y pueden ser de uno o más niveles.

Figura 21. **Edificio de primera categoría**



Fuente: *Edificio de primera categoría*. <http://magenarquitectos.com/wp-content/uploads/2014/07/0144.jpg>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- **Edificios de segunda categoría**

Estos edificios generalmente se conforman de dos partes: el área de oficinas que en su mayoría es de concreto armado y el área de producción con una estructura principal de acero, lámina, madera y en ocasiones mampostería. Por su diseño, la iluminación y ventilación, es aprovechada por fuentes naturales, utilizando medios artificiales únicamente para operaciones que así lo requieran. Generalmente para su edificación se combinan materiales propios de los edificios de primera y de tercera categoría.

Figura 22. **Edificio de segunda categoría**



Fuente: *Edificio de segunda categoría.*

<http://www.navesprefabricadasgps.com/images/disenio/prefabricadas/naves-prefabricadas-naves-industriales-fachadas-obra.jpg>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- **Edificios de tercera categoría**

El material predominante y característico de este tipo de edificios, es la madera, utilizada para columnas, vigas, puertas, ventanas y paredes, aunque estas últimas pueden ser de mampostería, con pisos y cimientos de hormigón armado. La cubierta puede ser de lámina galvanizada, de zinc, o en algunos casos de aluzinc.

Figura 23. **Edificio de tercera categoría**



Fuente: *Edificio de tercera categoría.*

http://mgr.cl/img/industrial/cmpec_nave/cmpec_nave_0002.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

Estos edificios generalmente son de una sola planta, la cual está destinada al área de producción y oficinas. Son fáciles de montar y desmontar, no son capaces de soportar altas cargas, son inflamables y generan un alto costo por mantenimiento.

2.2. Techos industriales

El techo es todo elemento que corona una edificación, constituido por una estructura y una cubierta que se encarga de proteger el ambiente interno de factores climatológicos o la intemperie.

- Estructuras para techos

La estructura, es el alma del edificio, donde se fijan las diferentes cubiertas utilizadas para proteger del medio ambiente las diferentes áreas o procesos internos de la planta. El propósito de una estructura es de distribuir las cargas uniformemente, para resistir mejor el peso de las cubiertas.

La elección de un tipo particular de estructura depende de cierto número de detalles, dentro de los cuales se puede citar: declives, tipo de cubierta, clima, ventilación, iluminación, consideraciones de su fabricación y transporte.

“Las estructuras Warren y Pratt, pueden ser utilizadas económicamente en techos planos para claros entre 40 y 125 pies.”²

Figura 24. **Estructuras para techos planos**



Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 88.

“Los techos pueden ser completamente planos para claros que no excedan de 30 o 40 pies.”³ Para claros mayores se recomienda utilizar techos con pendiente de $\frac{3}{4}$ a $1 \frac{1}{4}$ de pulgada por pie lineal, para fines de dren o escurrimiento de agua pluvial.

² TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 89.

³ *Ibíd.*

“Las armaduras a dos aguas Pratt y Howe son los tipos más comunes de armaduras de peralte medio. Tienen claros máximos económicos de 90 o 100 pies.”⁴

Figura 25. **Estructuras para techos con pendiente media**



Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 87.

“Para techos de pendiente fuerte, con declives de 5 a 6 pulgadas por pie lineal, la estructura Fink es la más popular, para claros de hasta 120 pies.”⁵

Figura 26. **Estructura para techos con pendiente alta**



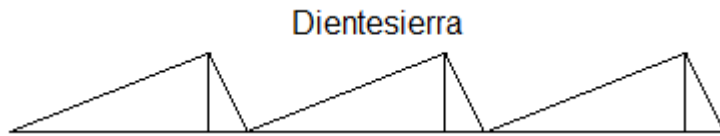
Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 87.

Las estructuras en diente de sierra pueden utilizarse cuando se desee una iluminación natural adecuada por medio de ventanales en construcciones anchas.

⁴ TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 89.

⁵ *Ibíd.*

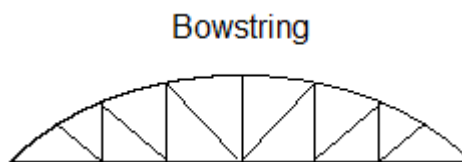
Figura 27. **Estructura para iluminación natural por ventanales**



Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 90.

“Para cubiertas curvas o de pendiente variable, la estructura tipo Bowstring es la más utilizada, para claros de hasta 120 pies.”⁶

Figura 28. **Estructura para techos de pendiente variable**



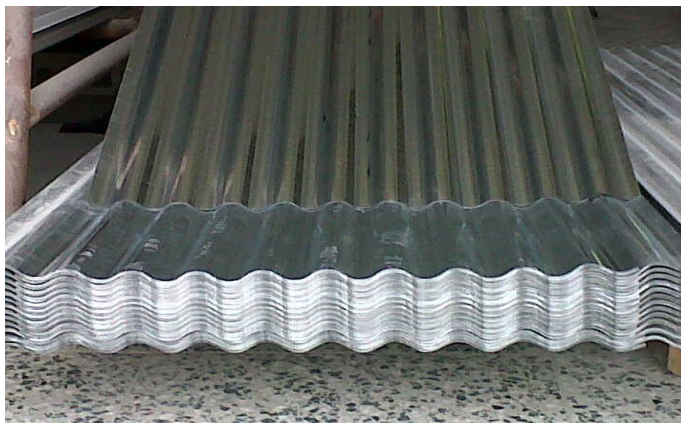
Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 90.

- Tipos de cubiertas
 - Cubiertas planas.
 - Cubiertas con pendiente (mayor al 2 % respecto a la horizontal).
 - Cubiertas de pendiente variable.

⁶ TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*. p. 89.

- Material para cubiertas
 - Lámina galvanizada acanalada: lámina de acero procesado con recubrimiento de zinc, que evita la oxidación del metal en presencia de oxígeno. Es uno de los productos más utilizados en el medio, por su fácil instalación y menor costo, es de color blanco azulado y no es aislante del sonido y del calor. Por ser acanalada es muy resistente a la flexión.

Figura 29. **Lámina galvanizada**

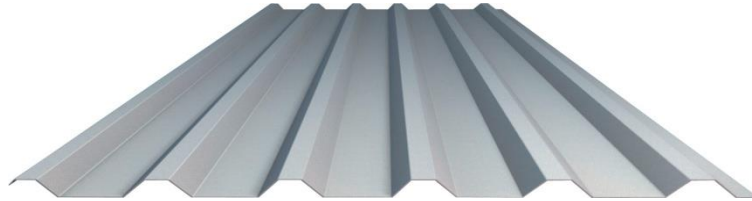


Fuente: *Lámina galvanizada*.

http://www.cefesa.com/product_images/u/016/121__68678_zoom.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Lámina de zinc: es muy resistente a la oxidación y al desgaste por la acción del aire; sin embargo, todos los ácidos enérgicos la atacan y al entrar en contacto con otros metales manifiesta actividad galvánica.

Figura 30. **Lámina de zinc**



Fuente: *Lámina de zinc*. http://arcotecho.com/images/productos/rt4_1.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Lámina de aluzinc: es una lámina de acero con revestimiento de aluminio, zinc y silicio, es muy resistente a la corrosión y a condiciones climatológicas severas. Puede ser pintada con grandes acabados y existe en el mercado como lámina acanalada y en forma semicircular.

Figura 31. **Lámina de aluzinc**



Fuente: *Lámina de aluzinc*. http://us01.i.aliimg.com/img/pb/588/000/027/1027000588_862.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Lámina fibrocemento: es el resultado de una mezcla de cemento, carbonato de calcio y otros agregados menores, que la

constituyen un buen aislante térmico y acústico, son permeables al vapor de agua, no son combustibles y son resistentes al ataque de hongos.

Figura 32. **Lámina fibrocemento**



Fuente: *Lámina fibrocemento*. http://www.arkigráfico.com/wp-content/uploads/2014/08/9062898171_32b663197f.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Losa de hormigón o concreto armado: losa constituida de cemento, arena o pedrín, con estructura de hierro internamente vinculada, al extremo de constituir una cubierta estructural.

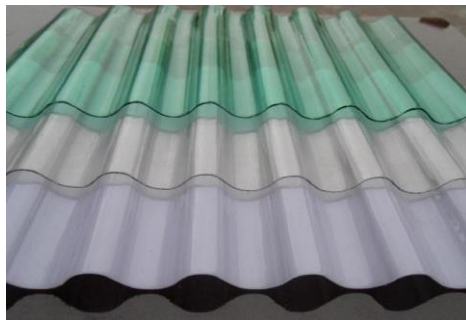
Figura 33. **Losa de hormigón armado**



Fuente: *Losa de hormigón armado*. http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/losa-prefabricada-pavimento-hormigón-armado-124337-6174285.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Lámina de policarbonato: láminas cuyo material es de alta duración e inalterable por la acción del sol. Permiten una transmisión de luz de hasta el 98 %.

Figura 34. **Lámina de policarbonato**



Fuente: *Lámina de policarbonato*. <http://image.made-in-china.com/2f0j10MKsajSEIALbV/-Policarbonato-Corrugated-Sheet-para-Roof-Lighting-.jpg>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Aspectos técnicos

La pendiente de una cubierta se define en función del material empleado, las condiciones climatológicas del lugar de instalación, ambiente interno y aspectos arquitectónicos de diseño. Un techo con una pendiente mayor al 2 % respecto a la horizontal, no estará sujeto al tránsito frecuente de personas.

Se debe considerar la cubierta con una saliente de 2 pies entre el techo y la pared, medidos perpendicularmente, sin que esta afecte cualquier propiedad colindante a la empresa. Además de incluir un traslape entre lámina y lámina recomendado de dos pulgadas en todos sus bordes.

2.2.1. Tipos de techos

- Techos de pendientes opuestas

Se pueden usar para plantas altas, ofrecen la oportunidad de formar entresijos, se pueden agregar luminarias y ventiladores pero generan altos costos por mantenimiento.

Figura 35. **Techo de dos aguas**



Fuente: *Techo de dos aguas*. <http://2.bp.blogspot.com/-lcXGG6XgFcQ/T0PCDLd9Ksl/AAAAAAAAANfk/0vyrHXCARtQ/s1600/Nave+Fontanero+001.jpg>.

Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Techos diente de sierra

Utilizados frecuentemente en plantas de gran altura, son fáciles de montar, permiten aprovechar la ventilación natural, se necesita mucho mantenimiento y se utilizan más materiales que en otros diseños, aumentando su costo.

Figura 36. **Techo diente de sierra**



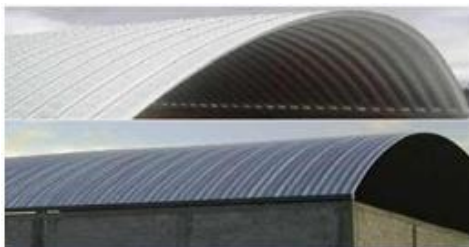
Fuente: *Techo diente de sierra.*

https://sites.google.com/a/elpoli.edu.co/infocubiertas/_/rsrc/1370099598208/home/herramienta-maquinas---equipos/Cubierta%20panel%20sandwich%203.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

- **Techos curvos**

Se caracterizan por un montaje rápido, por generar costos mínimos de mantenimiento debido al material de su cubierta (lámina de aluzinc), son estéticos, con forma aerodinámica y no existe corrosión galvánica por ser una lámina ensamblada y no apernada.

Figura 37. **Techo curvo**



Fuente: *Techo curvo.* http://mlm-s1-p.mlstatic.com/16141-MLM20114986847_062014-C.jpg.

Consulta: 3 de marzo de 2015.

2.3. Distribución en planta

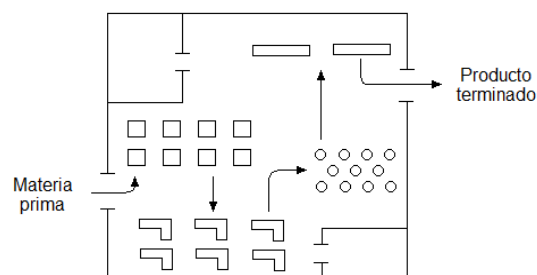
El diseño de la distribución en planta, tiene como finalidad ordenar las áreas de trabajo y maquinaria. Esto garantiza una efectiva utilización de espacios, un trabajo eficiente, productivo y cómodo, que permite una circulación de recursos sin accidentes.

2.3.1. Distribución por proceso

Se aplica en casos en los cuales el trabajo está sujeto a cambios para todas las unidades de producción (producción intermitente), cuando los productos no son los mismos o se trabaja bajo pedido especial por cada cliente.

La característica de este diseño de distribución es la agrupación de máquinas similares y la diferenciación clara de los pasos a los que somete su materia prima, habiendo departamentos o estaciones de trabajo para cada uno de ellos.

Figura 38. **Distribución por proceso**

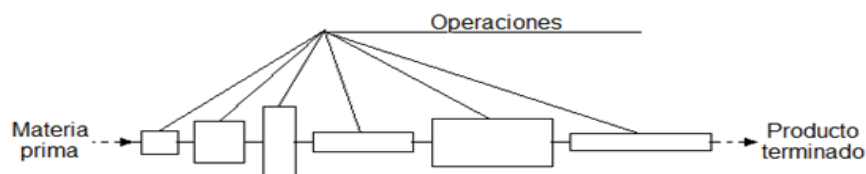


Fuente: Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha. *Distribución en Planta*. <http://www.ingenieriarural.com/>. Consulta: 22 de abril de 2014.

2.3.2. Distribución por producto

Esta distribución es apropiada cuando se va a fabricar grandes volúmenes de productos de similar característica (producción continua), cambiando únicamente las unidades a producir. Los centros de trabajo y el equipo están todos en línea con el fin de obtener una misma secuencia especializada de operaciones de principio a fin.

Figura 39. Distribución por producto

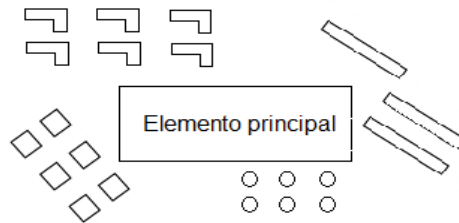


Fuente: Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha. *Distribución en Planta*. <http://www.ingenieriarural.com/>. Consulta: 22 de abril de 2014.

2.3.3. Distribución por puesto fijo

Cuando no es posible mover el producto debido a su tamaño, forma u otra característica especial, se hace necesario tener una distribución interna de posición fija, donde el producto permanece en un solo lugar y el equipo, las herramientas y las destrezas humanas se trasladan a este, a medida que se necesite.

Figura 40. **Distribución por puesto fijo**



Fuente: Escuela de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha. *Distribución en Planta*. <http://www.ingenieriarural.com/>. Consulta: 22 de abril de 2014.

2.4. **Cimentación de maquinaria**

Los cimientos para máquinas industriales, tienen la finalidad de distribuir las cargas concentradas sobre cierta área del suelo, de manera que la presión unitaria esté dentro de los límites admisibles. Generalmente los cimientos para maquinaria están hechos de hormigón, por lo que es indispensable un previo análisis de suelos, para reducir el riesgo a los desplazamientos verticales debido a su carga.

Todo cimiento para maquinaria, debe rematarse con una superficie nivelada de acabado fino, asegurando un contacto total y una correcta distribución de cargas. Una elevación en la cimentación por arriba del nivel del suelo, logrará proteger los componentes de la maquinaria del contacto directo con el agua.

2.4.1. **Suelos**

Es indispensable saber con qué tipo de suelo se está tratando, debido a su composición pueden ser no aptos para el tipo de cimentación que se

necesite, generando costos altos por agregados, rellenos y otros riesgos durante la operación. Los suelos rocosos, los de grava, limo o arcilla compactada, son considerados idóneos para soportar grandes cargas, aunque son excelentes transmisores de vibraciones.

Son considerados suelos no aptos para soportar cargas: el material de relleno, el fango, el lodo y la arcilla blanda. Por tanto la excavación para la hechura de cimentaciones debe llevarse hasta capas confiables. En caso de encontrar dichas capas a cierta profundidad donde ya no sea económica la fundición de hormigón, se recomienda fabricar una capa de mampostería, que sirva como base en la respectiva cimentación.

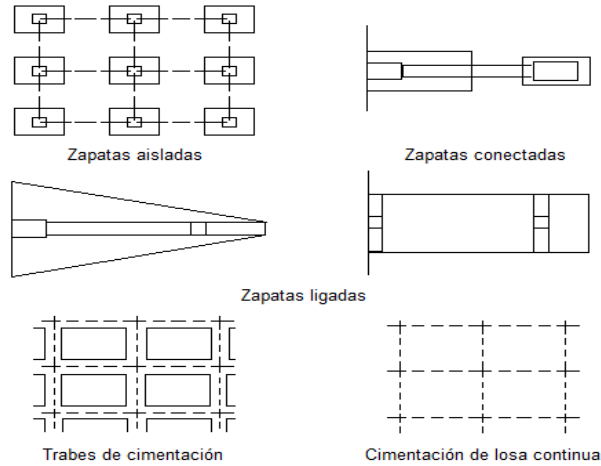
2.4.2. Tipos de cimentación

En forma general, las cimentaciones pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: cimentación directa y cimentación indirecta.

- Cimentación directa

Es aquella en la cual los elementos verticales de una edificación se prolongan hasta el terreno de cimentación y descansan directamente sobre él mediante el ensanchamiento de su sección transversal, con el fin de reducir el esfuerzo unitario que se transmite al suelo.

Figura 41. **Cimentación directa**

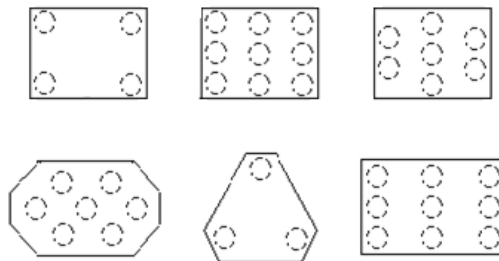


Fuente: CRESPO, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentación*. p. 260.

- **Cimentación indirecta**

Una cimentación indirecta es aquella que se lleva a cabo por elementos intermedios como pilotes o cilindros de cimentación, ya que el suelo resistente se encuentra relativamente a profundidad.

Figura 42. **Cimentación indirecta por pilotes**



Fuente: CRESPO, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentación*. p. 261.

2.5. Instalación de maquinaria industrial y estructuras

A la hora de montar una estructura o equipo industrial sobre su respectiva cimentación, es indispensable previamente seleccionar el tipo de anclaje o fijación más económica, en consideración a esfuerzos cortantes, esfuerzos combinados, ambientes de trabajo, estadía de la maquinaria, cambios en la producción o posibles ventas de la maquinaria en situación de bancarrota.

- Tipos de unión

Existen varios tipos de unión entre materiales, que se diferencian unos de otros por su aplicación y costos de implementación, entre los que se mencionan:

- Unión por soldadura

La soldadura es la forma más común de unir dos piezas de acero mediante la fundición en presencia de calor, con o sin material de aporte.

Figura 43. **Unión por soldadura**



Fuente: *Unión por soldadura.*

[http://www.elchapista.com/images/seguridad_e_higiene/riesgos_soldadura/soldadura_soplete.jp](http://www.elchapista.com/images/seguridad_e_higiene/riesgos_soldadura/soldadura_soplete.jpg)

g. Consulta: 3 de marzo de 2015.

Las ventajas de las conexiones soldadas, es lograr una mayor rigidez en la estructura y menores costos por la reducción de perforaciones. Sin embargo, tienen algunas limitaciones importantes que se relacionan con la posibilidad real de ejecutarlas e inspeccionarlas correctamente en obra (condiciones ergonómicas y ambientales).

- Unión apernada

Otra forma común de conexión entre estructuras es la mediante pernos. El desarrollo de la tecnología ha permitido fabricar pernos de diferente dimensión y de alta resistencia, por lo que estas uniones logran excelentes resultados. A diferencia del tornillo, este tiene una parte lisa y un extremo roscado.

Figura 44. **Unión apernada**



Fuente: *Unión apernada*. http://www.grupoalzu.com/cw_site/images/images/prueba.png.

Consulta: 3 de marzo de 2015.

- Unión por tornillo

Son conexiones rápidas utilizadas en estructuras de acero liviano, para fijar chapas o para perfiles conformados de bajo espesor. Las fuerzas que

transfieren este tipo de conexiones son comparativamente bajas, por lo que normalmente se tienen que insertar una cantidad mayor de tornillos.

Figura 45. **Unión por tornillo**



Fuente: *Unión por tornillo.*

<http://smg.photobucket.com/user/Cultivar/media/Harbor%20Freight%20Greenhouse%20Assembly/HarborFreightGreenhouseAssembly031.jpg.html>. Consulta: 13 de octubre de 2015.

Entre las ventajas de estas conexiones hay que destacar que son fáciles de transportar, existe una gran variedad de medidas y resistencias, son fáciles de remover, cuyo factor es importante para el montaje y desmontaje de los componentes de la estructura.

2.5.1. Anclajes

Para que una máquina trabaje normalmente y sea segura para el operador, tiene que estar debidamente anclada al cimiento. La mayoría de anclajes en el medio funcionan por medio de fricción, área de soporte, adhesión o combinación de fricción y soporte. Para pernos de anclaje por combinación de

fricción y soporte, generalmente se utilizan barras lisas de pata o de cabeza, arponadas o corrugadas.

Figura 46. **Anclaje de maquinaria**



Fuente: *Anclaje de maquinaria.*

<http://www.juancarlosbotero.com/fotos/anclajedemaquinaria/maquinaria5.JPG>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

La diferencia entre la variedad de anclajes, consiste en la forma de la placa de asiento directamente en el material base, encargada de transmitir las cargas al cemento. Existe diversidad de placas cuadradas, rectangulares, poligonales y circulares, siendo estas últimas las recomendadas para la transmisión de grandes presiones al cemento, ya que con ellas se consigue una mejor repartición de fuerzas.

2.5.2. Aislación de vibraciones en equipos

En la industria se emplean dos tipos básicos de aisladores de vibración:

- Capas de material aislante como hule o asfalto, incorporados alrededor de la cimentación.

Figura 47. **Aislamiento de vibraciones mediante elastómeros**



Fuente: *Aislamiento de vibraciones*. <https://basc.pnnl.gov/sites/default/files/images/A%20Below-Grade%20Foundation%20Wall%20with%20a%20Damp-Proof%20Coating.JPG>. Consulta: 13 de octubre de 2015.

- Resortes o amortiguadores, de soporte, utilizados para máquinas de alta velocidad (aproximadamente de 300 RPM), y de suspensión, para máquinas de frecuencia baja.

Figura 48. **Resortes aislantes de vibración para maquinaria**



Fuente: *Resorte aislantes de vibración*.

http://www.eganasl.com/uploads/articulosweb/foto_1038_.jpg. Consulta: 3 de marzo de 2015.

2.6. Distribución de aire comprimido

Para realizar un buen diseño de toda red de distribución de aire comprimido, este debe de reducir al mínimo las pérdidas de presión y facilitar el drenado de condensados.

En general en un sistema de distribución de aire comprimido se pueden distinguir distintos tipos de tuberías, según su función:

- Tuberías principales que provienen directamente de los compresores.
- Tuberías de distribución, que parten de la tubería principal.
- Tuberías de servicio, que son toda derivación de las tuberías de distribución hasta los puntos de consumo.

2.6.1. Presión de trabajo

La presión a la que el aire comprimido debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de trabajo. La mayoría de los equipos neumáticos con excepción de los instrumentos de control, operan a 6 bar.

2.6.2. Dimensionado de tuberías

Después de conocer la capacidad de aire generada por el compresor, la presión de trabajo requerida para el funcionamiento de las herramientas neumáticas y de haber calculado la trayectoria del fluido en el sistema, es posible determinar las dimensiones de las distintas tuberías.

Pasos para determinar el diámetro interior óptimo de la tubería, en una instalación neumática:

- Calcular el caudal requerido por la instalación, el cual es el resultado de la suma de los consumos individuales de todos los equipos y máquinas neumáticas que se deseen instalar, más un 5 % por pérdidas en fugas o escapes y de un 20 a 25 % por futuras ampliaciones.
- Medir la presión de la instalación, la cual viene dada por la presión máxima requerida para el accionamiento del equipo neumático.
- Identificar la pérdida de presión admisible, establecida en la variación de presión que puede sufrir la instalación sin repercutir en el funcionamiento del equipo neumático.
- A partir de los datos anteriores se encuentra el diámetro interior de la tubería, el cual se obtiene a través del despeje de la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{1,6 \times Q^{1,85} \times L}{d^5 \times P_1} \quad (1)$$

Donde:

ΔP = caída de presión [Pa]

L = longitud de la tubería [m]












Q = caudal de aire [m³/s]

d = diámetro interior de la tubería [m]

P₁ = presión de trabajo [Pa]

- Utilizando el resultado anterior, se deberá realizar un nuevo cálculo ajustando la longitud de la tubería debido a la incorporación de accesorios a la red de distribución de aire comprimido (ver tabla VIII).

Tabla VIII. Longitud equivalente de tubería debida a accesorios

Longitud equivalente de tubería en metros											
Componentes	Diámetro interior de tubería en mm (d)										
	25	40	50	80	100	125	200	250	250	300	400
Válvula de bola abierta 100% 	0.3 5	0.5 8	0.6 10	1.0 16	1.3 20	1.6 25	1.9 30	2.6 40	3.2 50	3.9 60	5.2 80
Válv. diafragma abierta 100% 	1.5	2.5	3.0	4.5	6	8	10	-	-	-	-
Válv. angular abierta 100% 	4	6	7	12	15	18	22	30	36	-	-
Válvula de globo 	7.5	12	15	24	30	36	45	60	-	-	-
Válvula antirretorno de clapeta 	2.0	3.2	4.0	5.4	6.0	10	12	16	20	24	32
Codo R=2d 	0.3	0.5	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.8
Codo R=d 	0.4	0.6	0.8	1.3	1.6	2.0	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4
Ángulo 90° 	1.5	2.4	3.0	4.5	6.0	7.5	9	12	15	18	24
T, salida en línea 	0.3	0.4	1.0	1.6	2.0	2.5	3	4	5	6	8
T, salida angular 	1.5	2.4	3.0	4.8	6.0	7.5	9	12	15	18	24
Reductor 	0.5	0.7	1.0	2.0	2.6	3.1	3.6	4.8	6.0	7.2	9.8

Fuente: Ingemecánica. *Diseño de sistemas de aire comprimido.*

<http://ingemecánica.com/tutorialsemanal/tutorialn201.html>. Consulta: 8 de mayo de 2014.

2.6.3. Líneas de distribución y purga

Para evitar problemas de corrosión, la tubería de distribución debe montarse con una pendiente leve en la dirección del flujo, para que los purgadores situados en los puntos bajos actúen con mayor eficiencia.

Las derivaciones deben tener el mínimo de curvas cerradas e innecesarias para evitar pérdidas de presión. Estas derivaciones deben tener puntos de conexión por arriba de la línea principal, para que la distribución de aire sea lo más limpia posible.

- Tuberías rígidas

Son todas aquellas cuya capacidad de carga, está limitada a la rotura sin que aparezcan deformaciones. Entre las tuberías rígidas más utilizadas se encuentran:

- Tuberías de acero: Usadas en ocasiones en instalaciones permanentes a altas presiones.

Figura 49. **Tuberías de acero**



Fuente: *Tuberías de acero*. <http://img.interempresas.net/fotos/377965.jpeg>. Consulta: 13 de octubre de 2015.

- Tuberías de cobre: Principalmente utilizadas en instalaciones de aire comprimido. Son frágiles en presencia de vibraciones y poseen un elevado costo por su limitación en cuanto accesorios.

Figura 50. **Tuberías de cobre**



Fuente: *Tuberías de cobre*. http://el-cobre-crea-hogar.es/sites/default/files/media/8052/e-safe_1_rohrsystem.jpg. Consulta: 13 de octubre de 2015.

- **Tuberías semirrígidas**

Tienen cierta capacidad ante la deformación, la cual es útil en su instalación y mantenimiento. Estas tuberías están fabricadas en gran parte de materiales termoplásticos como el PVC y el polietileno. Las tuberías semirrígidas pueden conducir aire a presiones moderadas, son livianas y de un costo relativamente bajo. Pueden soportar medios corrosivos y ligeros desplazamientos sin sufrir daños.

Figura 51. **Tuberías semirrígidas**



Fuente: *Tuberías semirrígidas*.

http://irritecnor.com/imagenes/F_53E7F1F39D155528034718.jpg. Consulta: 13 de octubre de 2015.

- **Tuberías flexibles**

Conocidas como mangueras que pueden soportar deformaciones, vibraciones, medios corrosivos y una gran gama de presiones, según el material empleado con que se fabriquen. Entre los materiales más utilizados en la fabricación de mangueras se encuentra el nylon, PVC flexible, caucho y lona.

Figura 52. **Tuberías flexibles**

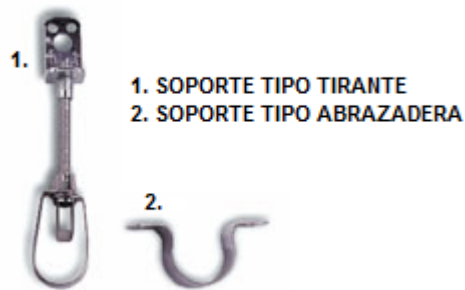


Fuente: *Tuberías flexibles*. <http://cordobagoma.com/wp/wp-content/uploads/2014/05/mangueras2.png>. Consulta: 13 de octubre de 2015.

2.6.4. Soporte de tuberías

Estos deben ir montados a una distancia adecuada, para soportar tensiones o peso de la tubería.

Figura 53. Soportes para tubería de HG



Fuente: TEXIN. *Catálogo de la empresa*. <http://www.texin.co/index.php/productos/soportes>.

Consulta: 24 de julio de 2014.

2.7. Condiciones de trabajo

Conjunto de factores que al ser establecidos, generan un comportamiento motivacional y propician un ambiente seguro en el trabajador, el objetivo lograr el éxito en sus funciones.

2.7.1. Iluminación industrial

La iluminación en los edificios industriales puede ser natural, artificial o combinada, estos sistemas deben ser planeados y diseñados para que se aproveche al máximo la iluminación natural.

- Iluminación natural

La luz natural puede obtenerse a través de la instalación de ventanas, ventanales, láminas traslucidas o *blocks* de vidrio en techos de fundición. El tamaño de las ventanas tanto laterales como superiores del techo varía según la intensidad en luz que necesitemos en los ambientes de trabajo.

Figura 54. **Iluminación natural**



Fuente: *Iluminación natural*. <http://www.baixauli.es/wp-content/uploads/2014/06/10-Foto-2.jpg>.

Consulta: 13 de octubre de 2015.

Se debe aprovechar al máximo la iluminación natural, ya que la iluminación artificial es demasiado cara para iluminar la planta durante los turnos diurnos.

- Iluminación artificial

El edificio industrial debe de estar diseñado para que los trabajadores que laboren en turnos nocturnos cuenten con niveles de iluminación adecuados, este objetivo únicamente se logra con la iluminación artificial. El diseño se basa

en colocar lámparas a una distancia tal que la cobertura de luz satisfaga las necesidades de la planta. Debe de utilizarse únicamente para complementar la iluminación en lugares muy encerrados o especiales donde no se presente la luz natural.

Figura 55. **Iluminación artificial**



Fuente: *Iluminación artificial.*

http://iluminacionacc.com.co/wpcontent/uploads/yootheme/gallery/pepsi/img_2470.jpg.

Consulta: 16 de octubre de 2015.

Uno de los pasos más importantes en todo proyecto de alumbrado es la selección del tipo de lámpara que se va a utilizar, considerando factores de duración, consumo de energía y eficacia.

- Tipos de lámparas

Para obtener un diseño adecuado de iluminación, es necesario conocer las características de los diferentes tipos de lámparas.

A continuación se describe brevemente cada uno de los principales tipos de lámparas utilizados en el medio:

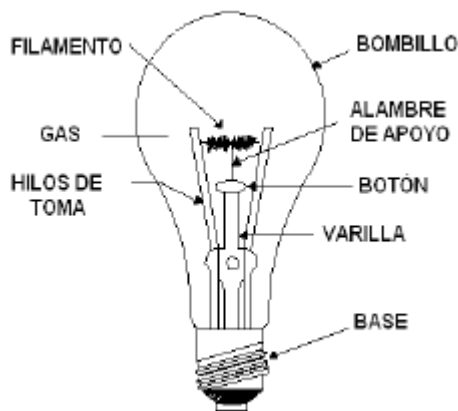
- Lámparas Incandescentes

Su principio de funcionamiento se basa en el hecho de que una corriente eléctrica al fluir a través de un alambre de alta resistencia (alambre de tungsteno), que en combinación con un gas inerte (nitrógeno y argón), hace que este brille y emita luz.

- Lámpara incandescente halógena de tungsteno

Las lámparas incandescentes halógenas de tungsteno, tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes normales, con la salvedad que el halógeno incorporado en el bulbo, ayuda a conservar el filamento de la lámpara, aumentando así su vida útil.

Figura 56. **Lámpara incandescente**



Fuente: Electrocontrol. *Manual de la empresa*. <http://www.electrocontrol.com.co/index.php/en-linea>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- Lámparas fluorescentes

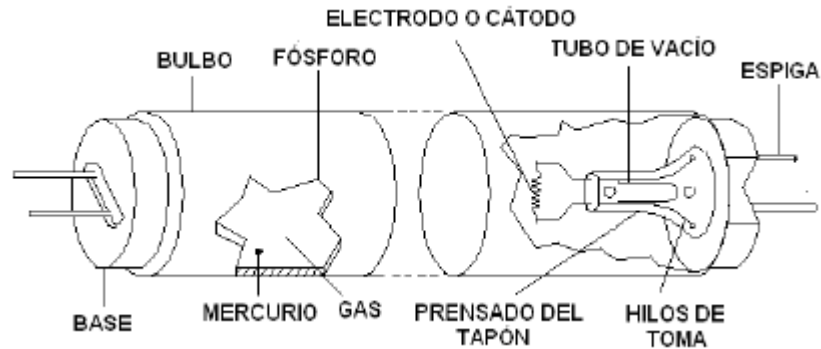
Conocidas generalmente como tubos fluorescentes. Su funcionamiento parte de una descarga eléctrica que genera una irradiación de energía ultravioleta convertida en luz visible, a través de electrodos de tungsteno, colocados dentro de un tubo recubierto interiormente de fósforo, una pequeña parte de mercurio y gas inerte.

- Lámparas fluorescentes compactas

El funcionamiento de una lámpara fluorescente compacta es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manejable. La luminosidad emitida por un fluorescente depende de la superficie emisora, por lo que este tipo de lámparas aumentan su superficie, a través de un enrollamiento común en el tubo de iluminación, permitiendo así, aumentar el rendimiento luminoso.

Las lámparas fluorescentes compactas resultan ser adecuadas en sustitución de las lámparas de incandescencia tradicionales, debido a que presentan una reducción de consumo energético del orden del 75 %, así como un aumento en la duración de la lámpara de entre 8 y 10 veces respecto a las lámparas de incandescencia.

Figura 57. **Lámpara fluorescente**



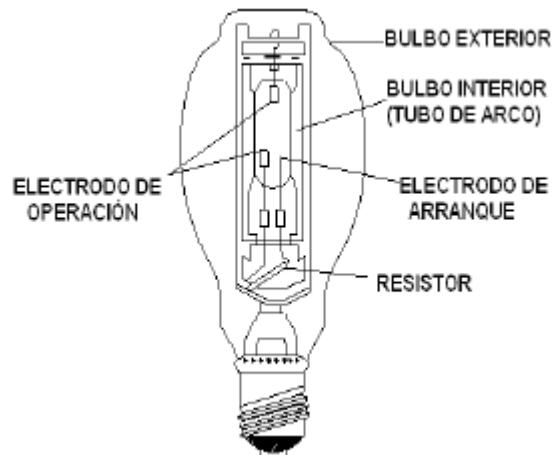
Fuente: Electrocontrol. *Manual de la empresa*. <http://www.electrocontrol.com.co/index.php/en-linea>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- Lámparas de mercurio

Al igual que las lámparas fluorescentes estas también son de descarga, razón por la cual, al serle aplicado un nivel de voltaje adecuado a sus electrodos, se origina una descarga eléctrica, hasta alcanzar su máxima intensidad (aproximadamente a los 4 minutos).

La bombilla de mercurio consta de un bulbo interior de cuarzo, donde se presenta la descarga y otro exterior de vidrio borosilicato, resistente al calor. El espacio entre los dos bulbos está lleno de nitrógeno, con lo cual se garantiza la protección del bulbo interior contra el deterioro y la corrosión atmosférica.

Figura 58. **Lámpara de mercurio**



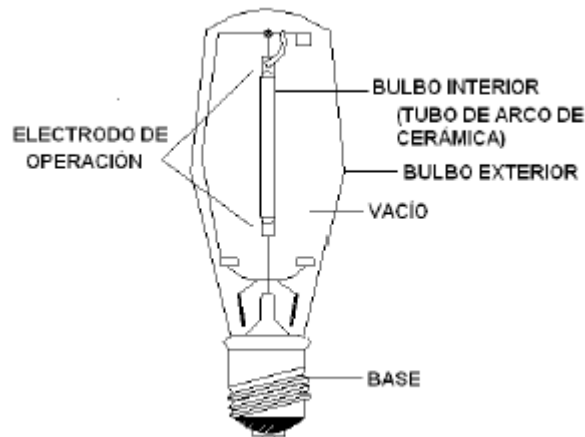
Fuente: Electrocontrol. *Manual de la empresa*. <http://www.electrocontrol.com.co/index.php/en-linea>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- Lámparas de sodio

A diferencia de la lámpara de mercurio, las lámparas de sodio no tienen electrodo de arranque y en su defecto necesitan para el encendido (adicionalmente al balasto) de un arrancador el cual produce un pulso de voltaje, iniciando así, la descarga eléctrica. Al cabo de 3 a 4 minutos la intensidad lumínica se estabiliza totalmente.

La lámpara de sodio está formada por dos bulbos, uno interior donde se presenta la descarga a través de los electrodos y otro exterior de vidrio borosilicato resistente a la intemperie. Entre los dos bulbos existe el vacío con el fin de reducir las pérdidas de calor.

Figura 59. **Lámpara de sodio**



Fuente: Electrocontrol. *Manual de la empresa*. <http://www.electrocontrol.com.co/index.php/en-linea>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- Lámparas de halogenuro metálico

También conocidas como metal arc. Este tipo de lámparas pueden ser claras o fosforadas, requieren de un arrancador para su encendido y son más sensibles a las fluctuaciones de voltaje que las de sodio y las de mercurio. Su tiempo de encendido es de 5 minutos aproximadamente, mientras que su tiempo de reencendido puede llegar casi al doble.

- Lámparas led

Representan una opción más ecológica que existe actualmente en el mercado, gracias a su bajo consumo energético, elementos no contaminantes, alta duración, cero emisiones de radiación UV e infrarroja, que amortizan la inversión inicial. A diferencia de otros dispositivos de iluminación, el encendido es instantáneo a su máxima potencia, aprovechando desde el primer segundo

toda la iluminación. Este tipo de lámparas transforman la energía eléctrica en luz sin producir calor y no pierden intensidad lumínica a lo largo de su vida útil.

Tabla IX. **Cuadro comparativo de algunas lámparas comerciales**

Tipo de lámpara	Rendimiento lumínico [lm/W]	Vida útil [h]	Aplicaciones comunes
Incandescente	10-15	1 000	Residencial
Incandescente halógena	15-25	2 000-5 000	Residencial
Mercurio	45-55	10 000-16 000	Industria Alumbrado público
Fluorescente tubular	55-75	10 000-12 000	Residencial Comercial Industrial
Fluorescente compacta	50-85	6 000-9 000	Residencial
Halogenuro metálico	65-90	9 000	Industria Escenarios deportivos
LED	20-100	Hasta 50 000	Residencial Comercial Industrial
Sodio	80-140	14 000-16 000	Alumbrado público Industria

Fuente: Electrocontrol. *Manual de la empresa*. <http://www.electrocontrol.com.co/index.php/en-linea>. Consulta: 14 de mayo de 2014.

- **Luminarias**

Dispositivos de alumbrado que reparten, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas. Estas comprenden todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas y en algunos casos, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

2.7.2. Ruidos

Los niveles de sonido dañinos a la salud humana, son todos aquellos ruidos que sobrepasan los 90 decibelios, a exposiciones largas. Por cada incremento de 5 decibelios el período de exposición se reduce a la mitad.

Los tipos de ruidos se clasifican en:

- Ambiental: en esta categoría se encuentran los niveles mínimos, cuando no hay fuente de ruido.
- Estable o continuo: es el ruido generado por una máquina o aparato con sonido constante.
- Intermitente: es el ruido que varía en niveles, pero se encuentra en niveles altos para tiempos mayores de 200 milisegundos.
- Impulsivo: es el ruido que tiene corta duración para niveles altos.
- Perturbador: en esta categoría se incluyen todos los ruidos que no forman parte del ruido ambiente.

2.7.3. Ventilación

La ventilación de edificios industriales es el proceso mediante el cual el aire viciado del interior es reemplazado por aire fresco del exterior. En todo tipo de industria el aire que se respira debe poseer la calidad necesaria para no afectar la salud humana. La calidad del aire está determinada simplemente por la concentración de agentes contaminantes, tales como: polvo, humo, gases, vapores, entre otros. La renovación de aire dentro de la planta se puede llevar a cabo por:

- Renovación natural

La renovación natural aprovecha los medios disponibles para introducir aire al interior del edificio, pasarlo por él y expulsarlo, a través de la energía cinética del viento, ventanas o ventanales. La entrada y salida de aire al edificio, depende del diseño, localización y orientación que este tenga.

- Renovación forzada

La renovación forzada se da por la implementación de sistemas de aire acondicionado o ventiladores eléctricos, que resultan un poco caros por su mantenimiento y consumo de energía eléctrica.

2.7.4. Pisos industriales

La función de un piso industrial a nivel del terreno, es la de transferir cargas hacia el suelo de manera uniforme y proporcionar una superficie fácil de limpiar y de mantener. Los pisos industriales más conocidos en el medio son: los pisos de concreto armado, hormigón armado, de arcilla, granito y sobrepuestos.

- Sisa de un piso fundido

La razón de hacer la sisa en un piso industrial, se debe a concentrar las grietas normales, generadas por los efectos del calor en el fraguado del cemento (aproximadamente 28 días), para que luego estas se conviertan en juntas de expansión y eviten que la losa se quiebre por el efecto de fatiga al contraerse o expandirse. Las dos primeras horas de fraguado del cemento, son las más delicadas, por lo que este sisado se debe realizar inmediatamente

después de alisar la superficie de la loza, evitando ángulos agudos en su trazo, ya que esto hará también que se griete.

Para evitar el desgaste superficial de la sisa por el paso de objetos pesados, se acostumbra a rellenar la sisa con productos como el asfalto puro o con relleno de juntas tipo antiácidos.

2.8. Transporte para el manejo de cargas

La selección del medio de transporte para mercancías, depende de la cantidad de peso a soportar y de las dimensiones que puedan tener estas cargas.

2.8.1. Montacargas

Los montacargas se utilizan comúnmente en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo el envío, el almacenamiento y la construcción, existiendo dos clasificaciones:

- Montacargas de combustión interna: son ruidosos y a bajo costo que los eléctricos, pero a la larga resultan ser los más costosos por cuestiones de mantenimiento. Por su principio de funcionamiento, son ideales para trabajos a la intemperie.

Figura 60. **Montacargas de combustión interna**



Fuente: *Montacargas de combustión interna*. <http://www.solutionlift.net/images/2.5t.JPG>.

Consulta: 16 de octubre de 2015.

- Los montacargas eléctricos: son más duraderos y económicos que los de combustión interna y por ser menos contaminantes suelen ser ventajosos para utilizarlos dentro de una planta industrial.

Figura 61. **Montacargas eléctrico**



Fuente: *Montacargas eléctrico*. <http://www.logismarket.com.mx/ip/momatt-montacargas-electrico-contrabalanceado-de-cuatro-ruedas-el-sc-4500-de-crown-es-sumamente-confortable-con-gran-visibilidad-para-el-operario-353945-FGR.jpg>. Consulta: 16 de octubre de 2015.

3. DISEÑO DEL MONTAJE

3.1. Tipo de edificio

El objetivo principal de este trabajo se centra en la realización de un diseño de una planta de producción que permita la reutilización de tarimas de madera a través de procedimientos de restauración ajustados a los estándares de calidad establecidos por la demanda y el comercio.

Considerando factores importantes de seguridad, calidad, futuras ampliaciones y uso de recursos naturales, se plantea la siguiente edificación para la nueva planta de producción de tarimas, con una estructura principal totalmente de acero a un costo razonable.

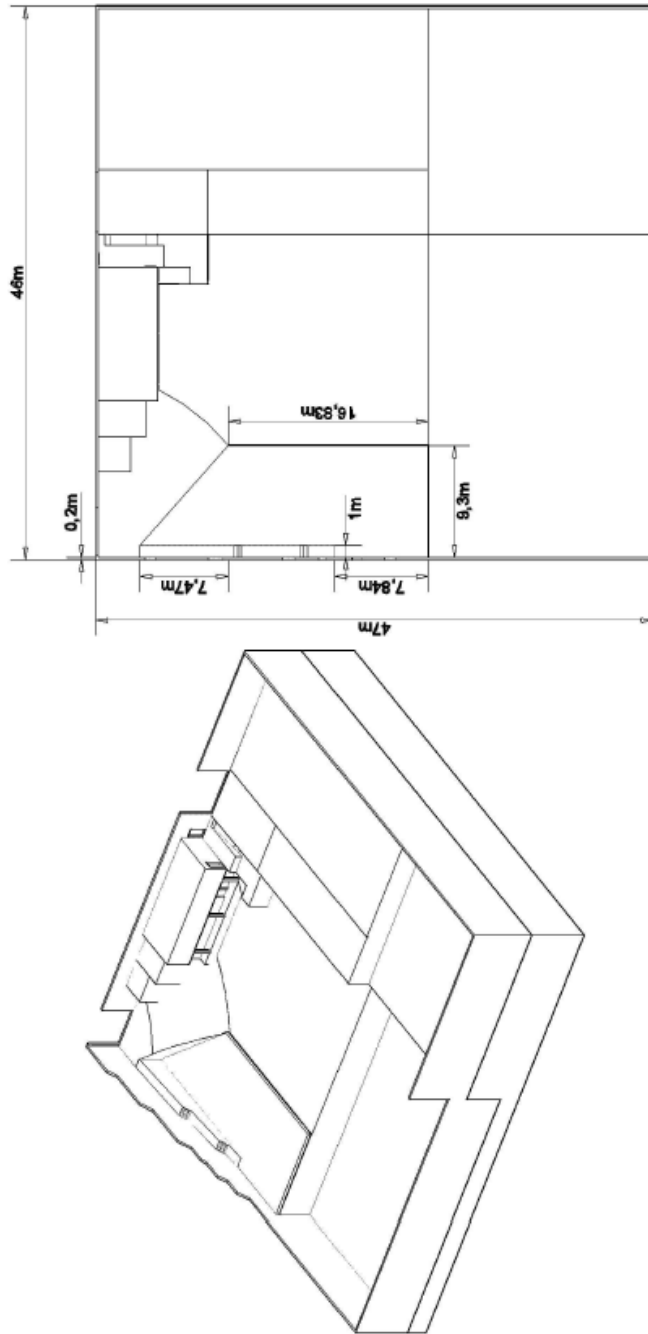
3.1.1. Área para infraestructura

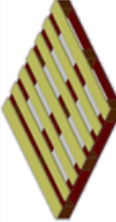
Tarimas Palo Blanco S. A., cuenta con 2 162 m² de área destinada para todos los procesos involucrados en la fabricación de tarimas de segunda y primera categoría, de los cuales únicamente se dispone de 179 m² para la nueva planta de producción (ver figura 62).

3.1.2. Diseño estructural

Se recomienda un techo de pendientes opuestas con cubierta de lámina galvanizada y una estructura de acero prefabricado el cual permita captar la mayor cantidad de agua pluvial, a través de un sistema de drenado (ver figura 63).

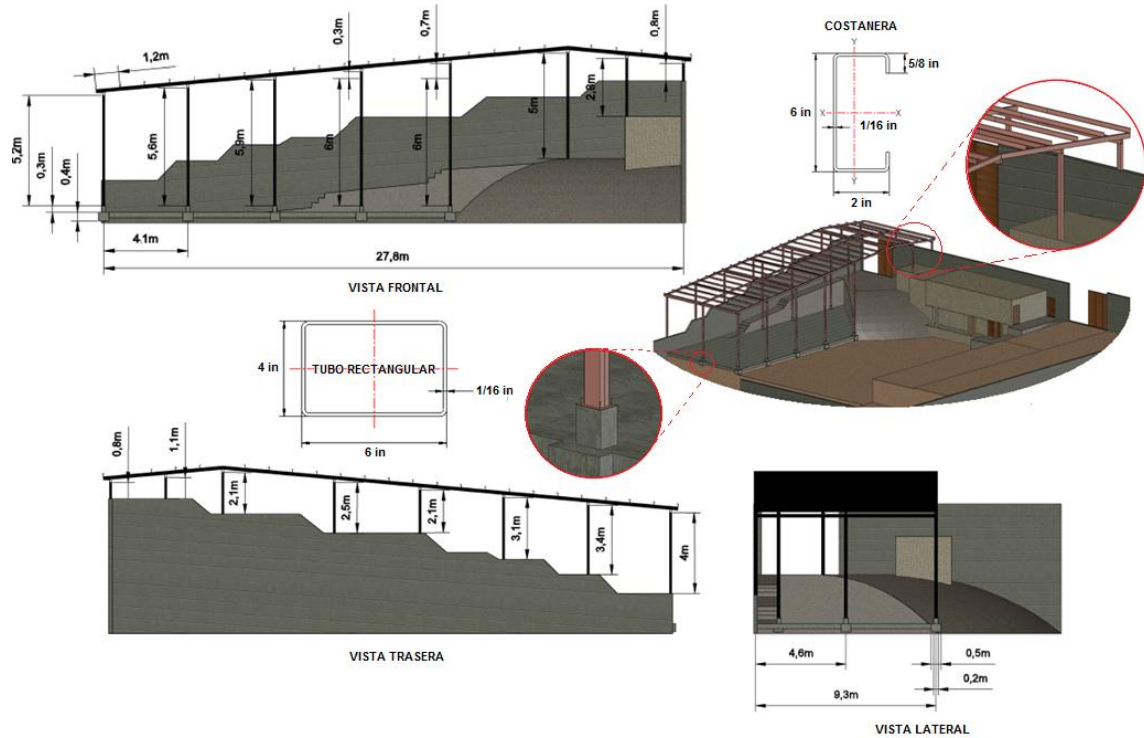
Figura 62. Área disponible para la infraestructura



TITULO: PLANTA DE PRODUCCIÓN ELABORÓ: CARLOS EDUARDO LÓPEZ ENRÍQUEZ	FECHA DE ELAB.: 02/06/2014	 TARIMAS PALO BLANCO S.A. Avenida Maribanda y 15, Calle 1.07, Zona 3 Granja San Jorge Santa Lucia Milpas Altas, Sacatepéquez Tel. + 502-11779-58643295 E-mail: guatepallets@hotmail.com	PLANO: 1
	ESCALA: 1:1		

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 63. Estructura propuesta

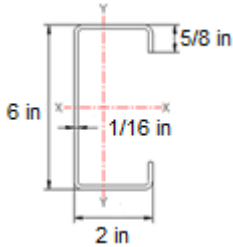
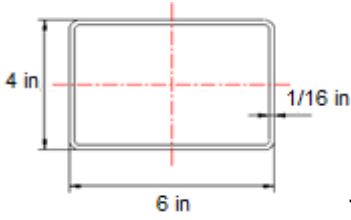


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Aunque su diseño y ubicación permita reducir los efectos del medio ambiente (lluvias, vientos, sismos, temperaturas, otros), los elementos estructurales deberán ser apernados y también soldados en sus bases a través de platinas sobre pilares de concreto armado, de tal forma que la armadura trabaje de manera uniforme.

En la siguiente tabla se presenta el detalle de las dimensiones de cada segmento de acero prefabricado para la estructura propuesta, (tubos rectangulares para las columnas o vigas y costaneras tipo "C" para el soporte de la cubierta).

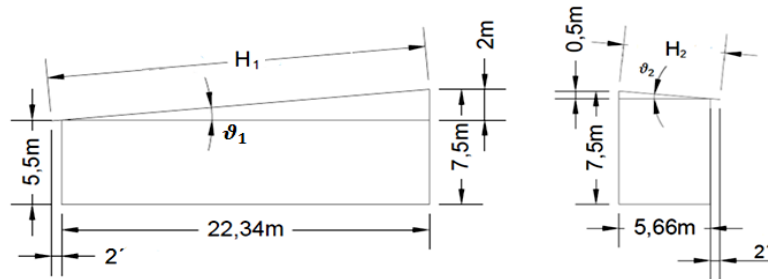
Tabla X. **Número total de costaneras y tubos rectangulares**

					
Costaneras tipo C			Tubos rectangulares		
Segmentos	Largo [m]	Total [m]	Segmentos	Largo [m]	Total [m]
24	6,00	144,00	3	0,80	2,40
24	3,45	82,80	1	1,10	1,10
			2	2,10	4,20
			1	2,50	2,50
			1	3,10	3,10
			1	3,40	3,40
			1	4,00	4,00
			1	2,80	2,80
			1	5,00	5,00
			22	6,00	132,00
			1	1,50	1,50
			2	0,70	1,40
			2	0,30	0,60
			1	5,90	5,90
			1	5,60	5,60
			2	5,20	10,40
			8	3,45	27,60
			3	5,95	17,85
			3	4,70	14,10
Total	Σ	226,80	Total	Σ	245,45
	$\Sigma/6$ m (largo estándar)	~38		$\Sigma/6$ m (largo estándar)	~41

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de pendientes

Figura 64. Declives para la estructura propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación se procede a calcular las pendientes H_1 y H_2 observadas en la figura anterior, a través de las siguientes funciones trigonométricas:

$$\tan \vartheta = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} \quad (2)$$

Despejando ϑ de la expresión anterior:

$$\begin{aligned} \vartheta_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} \right) & \vartheta_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto adyacente}} \right) \\ \vartheta_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{2 \text{ m}}{22,34 \text{ m}} \right) \sim 5^\circ & \vartheta_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{0,5 \text{ m}}{5,66 \text{ m}} \right) \sim 5^\circ \end{aligned}$$

Se recomienda una inclinación estructural de 5° y una saliente de 2 pies, que garantice verter el agua hacia los costados y así contribuir a la impermeabilidad del techo.

$$\cos \vartheta = \frac{\text{cateto adyacente}}{\text{hipotenusa}} \quad (3)$$

Al despejar la hipotenusa de la expresión anterior, se obtiene el valor de las pendientes de la estructura:

$$\begin{array}{l} \cos \vartheta_1 = \frac{\text{cateto adyacente}}{H_1} \\ H_1 = \frac{0,61 \text{ m} + 22,34 \text{ m}}{\cos 5^\circ} \sim 23,038 \text{ m} \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \cos \vartheta_2 = \frac{\text{cateto adyacente}}{H_2} \\ H_2 = \frac{0,61 \text{ m} + 5,66 \text{ m}}{\cos 5^\circ} \sim 6,294 \text{ m} \end{array}$$

- Cálculo de láminas

Se sugiere una lámina de acero galvanizado de perfil acanalado ondular sinusoidal calibre 26 de 14 pies de largo por 32 pulgadas de ancho. Su recubrimiento de zinc evitará la corrosión al estar expuesta al medio ambiente.

La unión de estos perfiles deberá ser mediante tornillos especiales, que garanticen una cubierta totalmente firme e impermeable.

Figura 65. **Lámina galvanizada acanalada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El área útil se deduce a partir del descuento correspondiente al traslape de cada lámina (aproximadamente 2" entre láminas).

Donde:

$$\text{Ancho útil} = 28 \text{ in} \sim 0,711 \text{ m}$$

$$\text{Largo útil} = 164 \text{ in} \sim 4,166 \text{ m}$$

De los datos anteriores se calcula el área útil de la lámina:

$$\text{Área útil} = 4,166 \text{ m} \times 0,711 \text{ m} \sim 2,962 \text{ m}^2$$

- Número de láminas a lo ancho

$$NL_A = \frac{\text{Distancia total a cubrir}}{\text{Ancho útil}} \quad (4)$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior:

$$NL_A = \frac{9,5 \text{ m}}{0,711 \text{ m}} \sim 13 \text{ láminas}$$

- Número de láminas a lo largo

$$NL_L = \frac{\text{Distancia total a cubrir}}{\text{Largo útil}} \quad (5)$$

Para la pendiente H_1 :

$$NL_{P_1} = \frac{H_1}{\text{Largo útil}}$$

$$NL_{P_1} = \frac{23,038 \text{ m}}{4,166 \text{ m}} \sim 6 \text{ láminas}$$

Para la pendiente H_2 :

$$NL_{P_2} = \frac{H_2}{\text{Largo útil}}$$

$$NL_{P_2} = \frac{6,294 \text{ m}}{4,166 \text{ m}} \sim 2 \text{ láminas}$$

De la deducción de láminas a lo ancho y a lo largo, se procede a calcular el número total de láminas requeridas para la cubierta mediante la siguiente expresión:

$$N_{TL} = N_{LA} \times (N_{LP_1} + N_{LP_2}) \quad (6)$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior:

$$N_{TL} = 13 \times (6 + 2) = 104 \text{ láminas}$$

De las 104 láminas requeridas para la cubierta, el 85 % de estas pueden ser láminas galvanizadas y el 15 % láminas traslucidas de policarbonato, con el objetivo de brindar soporte a la iluminación natural.

$$\text{Láminas galvanizadas} = 104 \text{ láminas} \times (0,85) = 88 \text{ láminas}$$

$$\text{Láminas traslucidas} = 104 \text{ láminas} \times (0,15) = 16 \text{ láminas}$$

- Análisis estructural

En el siguiente análisis se consideran las cargas concentradas de cada uno de los segmentos de tubo rectangular (columnas y vigas sometidas a flexión) así como las cargas lineales en cada uno de los segmentos del tipo costanera, con la finalidad de determinar el comportamiento de los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones máximas que actúan sobre la estructura, previo a la falla.

- Carga muerta (w_{cm})

$$\text{Peso de una lámina galvanizada} = 5,50 \text{ kg/m}^2$$

Separación entre costaneras = 1,2 m

$$w_{cm} = \left(5,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) (1,2 \text{ m}) = 6,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Peso propio (w_{pp})

Suponiendo una costanera de 6" X 2" y un tubo rectangular de 6" X 4"
(ver anexo I)

$$w_{pp} = p_c + p_t \quad (7)$$

Donde:

P_c = Peso de cada costanera

P_t = Peso de cada tubo rectangular

$$w_{pp} = 3,024 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 6,048 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 9,07 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga por instalaciones (w_{ins})

$$w_{ins} = 12\% (w_{cm}) = 0,12 \left(6,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}}\right) = 0,79 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga por viento (w_v)

$$P_v = 0.004819V^2 \quad (8)$$

Donde:

V = velocidad del viento máximo de la región en Km/h

$$P_v = 0.004819 \left(17 \frac{\text{Km}}{\text{h}} \right)^2 = 1,39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$w_v = 1,39 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} (1,2 \text{ m}) = 1,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva (w_{cv})

La carga viva para este caso se tomará como 25 kg/m² que representa el peso del instalador de la cubierta.

$$w_{cv} = 25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} (1,2 \text{ m}) = 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga lineal total (w)

$$w = w_{cm} + w_{pp} + w_{ins} + w_v + w_{cv} \quad (9)$$

$$w = 6,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 9,07 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 0,79 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 1,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 30 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 48,13 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cong 472 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

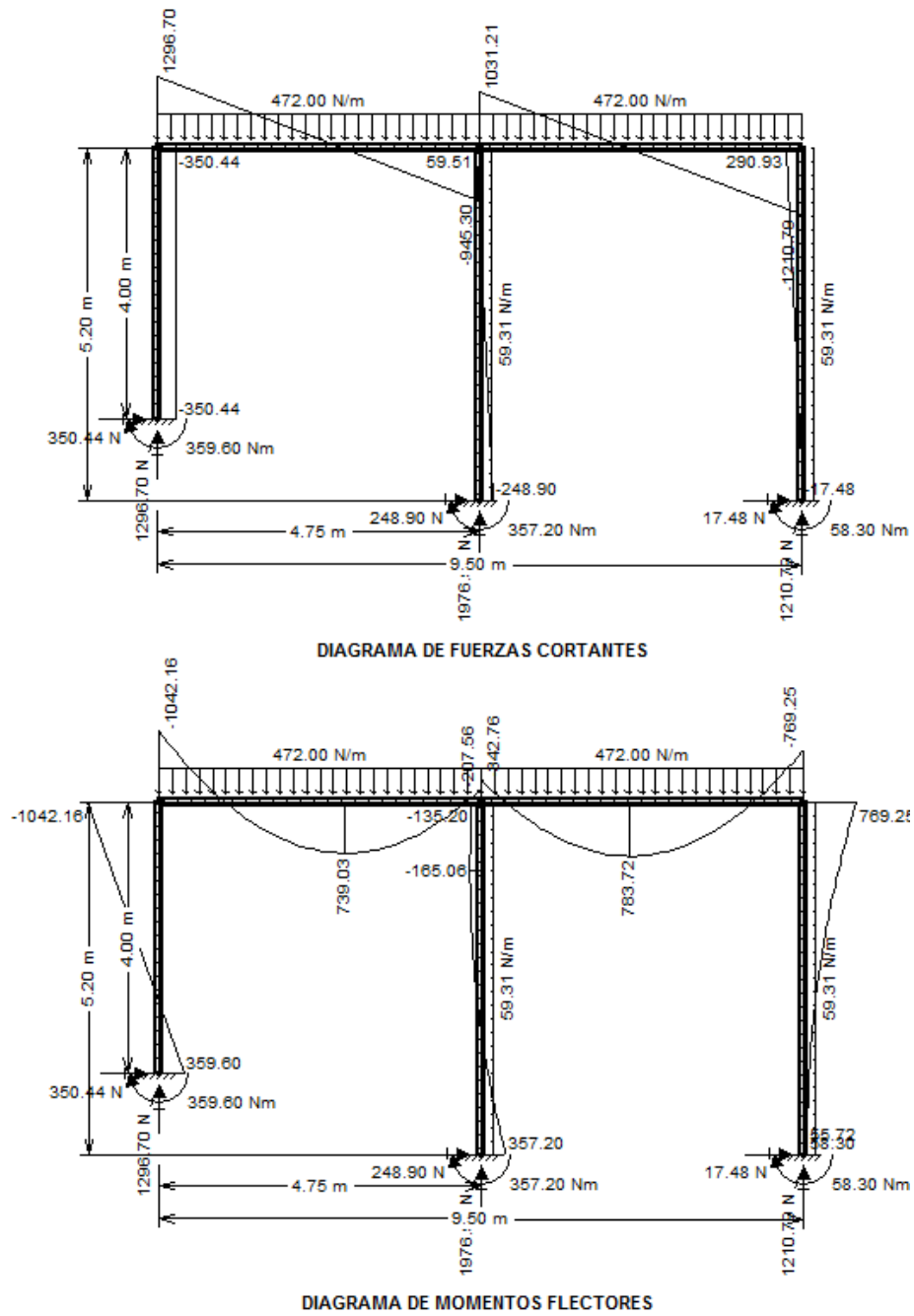
- Peso de tubo rectangular (w_{tr})

Suponiendo columnas de tubo rectangular de 6" X 4" (ver anexo I)

$$w_{tr} = 6,048 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cong 59,31 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Debido a que la estructura propuesta es una estructura estáticamente indeterminada, su análisis se respalda mediante diagramas de simulación ejecutados a través del programa Ftool (software que brinda el detalle lógico de los comportamientos estructurales).

Figura 66. Comportamiento gráfico de los perfiles laterales con mayor riesgo de fallas



Fuente: elaboración propia, empleando Ftool.

- Chequeo a corte

$$F_v = \frac{R}{(\text{Peralte})(\text{Espesor})} \quad (10)$$

Donde:

F_v = Esfuerzo cortante máximo

R = Cortante actuante = 1 296,70 N ~ 291,51 lb

$$F_v = \frac{\left(\frac{291,51}{1000}\right) \text{ kips}}{(6 \text{ pulg}) \left(\frac{1}{16} \text{ pulg}\right)} = 0,78 \frac{\text{kips}}{\text{pulg}^2}$$

La resistencia del acero A36 es de 14,5 kips/pulg², que es mucho mayor al cortante actuante en la costanera.

- Chequeo a flexión

Módulo de sección (S):

$$S = \frac{M}{F_b} \quad (11)$$

Donde:

M = Momento máximo de la sección = 783,72 Nm ~ 6 936,50 lb·pie

$F_b = 0,66 F_y$; donde F_y es el límite de fluencia del acero

$$F_b = 0,66 \left(36\,000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}\right) = 23\,760 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

$$S = \frac{6\,936,50 \text{ lb} \cdot \text{pie}}{23\,760 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}} = 0,29 \text{ pulg}^3$$

El módulo de sección que corresponde a una costanera de 6" X 2" es de 0,425 plg³ (ver tabla XI), que es mayor al valor requerido en el diseño.

Tabla XI. **Propiedades y características de los perfiles estructurales**

COSTANERA TUBOACERO ESPESOR 1.50 mm										
PERALTE (A) plg	BASE (B) plg	t mm	CARACTERÍSTICAS				MÓDULOS DE SECCIÓN			
			PESO		ÁREA COSTANERA		S x		S y	
			lb/pie	kg/m	plg ²	cm ²	plg ³	cm ³	plg ³	cm ³
2	1 1/2	1.50	1.028	1.529	0.302	1.948	0.211	3.452	0.135	2.215
3	1 1/2	1.50	1.225	1.823	0.360	2.323	0.355	5.812	0.176	2.884
4	1 1/2	1.50	1.429	2.127	0.420	2.710	0.519	8.497	0.217	3.554
5	1 1/2	1.50	1.633	2.431	0.480	3.097	0.702	11.507	0.258	4.224
6	1 1/2	1.50	1.831	2.725	0.538	3.471	0.906	14.839	0.299	4.893
3	2	1.50	1.429	2.127	0.420	2.710	0.440	7.206	0.258	4.228
4	2	1.50	1.630	2.426	0.479	3.090	0.633	10.375	0.314	5.139
5	2	1.50	1.831	2.725	0.538	3.471	0.846	13.867	0.369	6.050
6	2	1.50	2.032	3.024	0.597	3.852	1.079	17.682	0.425	6.961
7	2	1.50	2.232	3.322	0.656	4.232	1.332	21.820	0.480	7.872
8	2	1.50	2.433	3.621	0.715	4.613	1.604	26.281	0.536	8.783
9	2	1.50	2.634	3.920	0.774	4.994	1.896	31.064	0.592	9.694

Fuente: MultiGroup. *Catálogo de la empresa*. www.multigroup.com.gt/. Consulta: 8 de agosto de 2016.

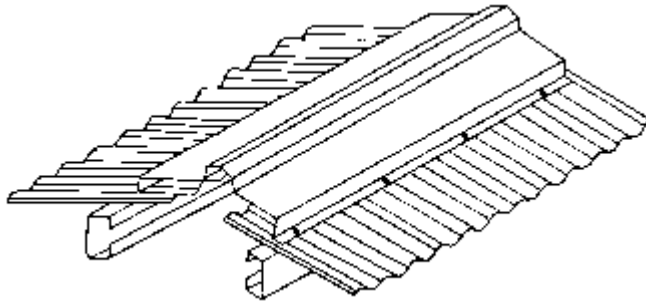
Como es de apreciar en la figura 66 y en los cálculos anteriores, los esfuerzos en cada uno de los perfiles no superan el límite máximo permisible dado por los fabricantes, por lo que se considera una estructura totalmente segura.

- Accesorios

Para el diseño de la estructura propuesta anteriormente, es necesario la colocación de caballetes entre la unión de las dos vertientes, con el objetivo de

impedir la filtración de agua, polvo o cualquier elemento que perjudique la producción.

Figura 67. **Caballete liso**



Fuente: IMSA. *Manual de la empresa*. <http://es.slideshare.net/franciscojvillasenor3/manual-acanalados-1>. Consulta: 2 de junio de 2014.

- **Fijación de láminas y caballetes**

Para la fijación de la cubierta, se recomienda la utilización de tornillos galvanizados autoroscables, idealmente de cabeza hexagonal con arandela de neopreno y punta de broca de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Es indispensable que cada tornillo se coloque en la parte más alta de la curvatura de la lámina (crestas), para prevenir goteras o filtraciones. De igual forma se deberá utilizar algún tipo de sellador especial aplicado a la cabeza del tornillo (sikaflex/chapopote), para asegurar aun más la impermeabilidad de la cubierta.

Para deducir la cantidad total de tornillos, se toma en consideración la reducción de vibraciones y ruidos provocados por los fuertes vientos característicos de la zona. Se recomienda usar tornillos de 1 pulgada de largo.

Tabla XII. **Cantidad total de tornillos para la fijación de la cubierta**

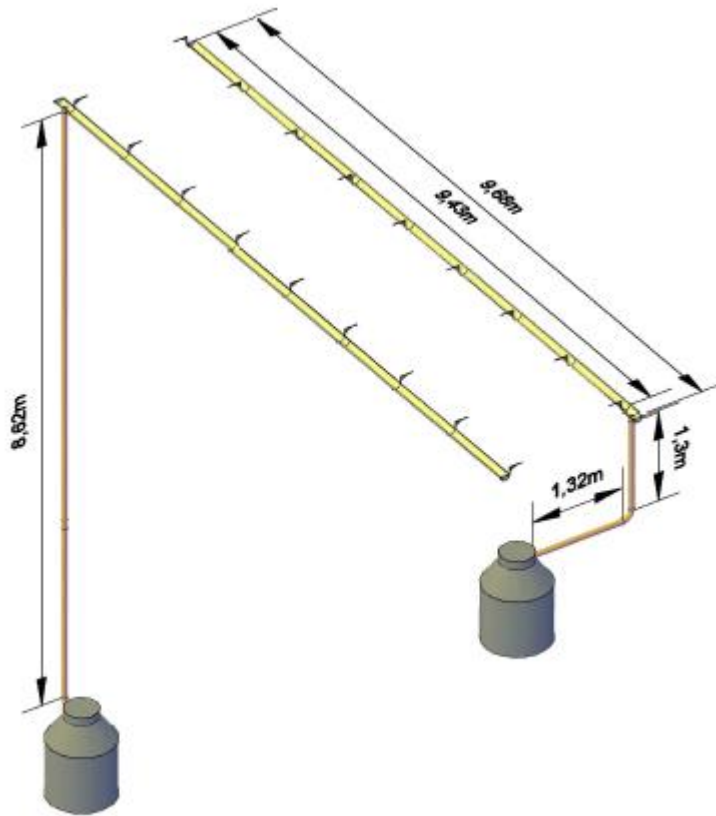
			Cantidad
Fijaciones para lámina			
N _{LA}	Tornillos/ancho de lámina	Perfiles de soporte	
13	2	15	390
Fijaciones para capotas			
Capotas requeridas	Tornillos/capota		
4	8		32
Total			422

Fuente: elaboración propia.

Con la finalidad de desviar el agua pluvial lejos de los cimientos y ayudar a mantener la integridad del producto y del edificio, se sugiere la instalación de canaletas y ductos de PVC que dirijan el agua de lluvia a depósitos de disposición final. El agua recolectada podrá ser utilizada para los servicios sanitarios de la empresa.

Las canaletas redondas de PVC estéticamente se adaptan a los más variados estilos arquitectónicos y gracias a sus accesorios especiales de sujeción, permiten adaptarse a cualquier tipo de techo inclinado, convirtiéndose en una alternativa de desagüe ante distintas opciones de materiales y tecnologías.

Figura 68. Sistema de captación de agua pluvial



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El número de canaletas y tubos de descarga requeridos en la instalación, dependerá de la disposición y de la distancia total a cubrir, respecto a la dimensión nominal de cada accesorio.

La siguiente tabla muestra el detalle de los accesorios requeridos para el sistema de captación de agua pluvial:

Tabla XIII. **Accesorios para el sistema de captación de agua pluvial**

Tipo de accesorio	Precio unitario	Cantidad de accesorios	Importe
Canaleta redonda de PVC Φ = 5 plg 6 m de largo	Q 150,00	7	Q 1 050,00
Par de tapas para canaleta	Q 25,00	2	Q 50,00
Embudos Φ = 3 plg	Q 24,00	2	Q 48,00
Uniones para canaleta	Q 25,00	6	Q 150,00
Soportes	Q 15,00	18	Q 270,00
Codo 90° Φ = 3 plg	Q 26,00	2	Q 52,00
Tubo de descarga de PVC Φ = 3 plg 6 m de largo	Q 114,00	2	Q 228,00
Uniones para tubos de descarga Φ = 3 plg	Q 20,00	1	Q 20,00
Pegamento Durman CPVC 1/32	Q 27,00	1	Q 27,00
Depósitos de agua Rotoplas 450 lts Φ = 0.85 m Altura = 0.99 m	Q 950,00	2	Q 1 900,00
Total			Q 3 795,00

Fuente: CEFESA. *Catálogo de la empresa*. <http://www.cefesa.com/>. Consulta: 19 de julio de 2016.

3.2. Selección de maquinaria y equipo

Con la finalidad de obtener ventajas competitivas, a través de productos elaborados con los más altos estándares de calidad, a continuación se define de manera integral aspectos técnicos y económicos de los equipos y herramientas necesarias para los procesos de fabricación y restauración de tarimas.

3.2.1. Maquinaria para procesos de producción

Se considera de uso indispensable los siguientes equipos o maquinaria de trabajo en los procesos de fabricación y restauración de tarimas, acorde a un análisis general de costos, seguridad y ergonomía.

- Maquinaria de generación y suministro de aire comprimido

Este tipo de maquinaria parte del trabajo realizado por un conjunto de piezas electromecánicas para transformar la energía de un sistema, distribuirla y ser aprovechada por otros medios de trabajo.

- Compresor

La tecnología Campbell Hausfeld ofrece el modelo de compresor C1073120HX, el cual cumple con los requerimientos de potencia, caudal y presión, exigidos por las herramientas de trabajo y los procesos de fabricación y restauración de tarimas, para la nueva planta producción (ver tabla XIII).

- Criterios para la selección del compresor

Para la selección del compresor se considera principalmente la presión y el caudal de aire comprimido, requerido para el funcionamiento de las herramientas de trabajo de mayor consumo (clavadoras neumáticas Bostitch N80CB1, con un consumo de aire de 7,8 CFM y una presión de trabajo de 80 psi, ver tabla XV).

Tabla XIV. **Ficha técnica compresor C1073120HX**



Tipo	Industrial de 2 etapas
Potencia	7,5 HP
Caudal de aire generado	27,2 CFM a 90 psi 25,1 CFM a 175 psi
Capacidad del tanque	120 Galones
Presión máxima	175 psi
Voltaje	Trifásico 220-440 V

Fuente: Constru-Herramientas. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.construherramientas.com/Compresores-Industriales-Negro.htm>. Consulta: 4 de junio de 2014.

Para períodos de alta demanda, es necesario el uso simultáneo de 2 clavadoras neumáticas, por lo tanto, el caudal de aire requerido en el sistema se determina mediante la siguiente expresión:

$$CR_s = 2 \times \frac{7,8 \text{ ft}^3}{\text{min}} = \frac{15,6 \text{ ft}^3}{\text{min}}$$

Al resultado anterior se le adiciona un 25 % por pérdidas en fugas y futuras ampliaciones.

$$CTR_s = \frac{15,6 \text{ ft}^3}{\text{min}} \times (1,25) = \frac{19,5 \text{ ft}^3}{\text{min}}$$

De modo que el caudal de aire requerido para abastecer ambas herramientas neumáticas es de 19,5 ft³/min, inferior al valor respectivo del caudal generado por el compresor Campbell Hausfeld, ofrecido por Construcción Herramientas (ver tabla XIII).

Para calcular el número de ciclos de trabajo del compresor, se estima una productividad de 20 tarimas por día y de un promedio de 56 unidades de clavos, necesarios en la fabricación de cada tarima de mayor dimensión (modelo II de tarima reversible, ver figura 10).

Debido a que la razón de clavado por cada herramienta neumática Bosttitch N80CB1 es de 100 clavos/min, el período de consumo se determina de la siguiente manera:

$$T = \frac{\frac{56 \text{ clavos}}{\text{tarima}}}{2 \times \frac{100 \text{ clavos}}{\text{min}}} \times \frac{20 \text{ tarimas}}{\text{dia}} = \frac{5,6 \text{ min}}{\text{dia}}$$

Si se sabe que el consumo de aire para abastecer simultáneamente las clavadoras neumáticas es 19,5 ft³/min, se procede a calcular el volumen en galones de aire consumidos al día. La siguiente expresión muestra el detalle de dicho cálculo:

$$\frac{5,6 \text{ min}}{\text{dia}} \times \frac{19,5 \text{ ft}^3}{\text{min}} = \frac{109,2 \text{ ft}^3}{\text{dia}} \sim \frac{816 \text{ galones}}{\text{dia}}$$

Tomando en cuenta que la capacidad del tanque del compresor Campbell Hausfeld es de 120 galones (ver tabla XIII), se procede a calcular el número de ciclos de trabajo del compresor durante una jornada laboral.

$$\frac{816 \text{ galones}}{120 \text{ galones} - \text{día}} \sim \frac{7 \text{ veces}}{\text{día}}$$

Otros compresores triplican esta cifra y resultan ser más costosos a lo largo de su vida útil, debido al consumo de energía por funcionamiento continuo y por la necesidad de mantenimientos correctivos debido a fallas por calentamiento.

- Maquinaria de corte

Este tipo de maquinaria está diseñada para trabajos de corte a alta precisión, de manera vertical, horizontal o angular.

- Sierra de mesa

La tecnología americana DeWalt ofrece el modelo DWE7470. Sierra caracterizada por realizar cortes precisos sobre una mesa de aluminio, con un sistema de protección contra el polvo o aserrín producido durante el corte, un sistema de anti-retroceso incorporado para mayor seguridad, una guía de corte con ajuste rápido que permite al usuario hacer modificaciones en segundos, una extensión lateral con soporte adicional y un sistema de protección que apaga la herramienta en caso de una sobre exigencia. Esta y otras características hacen que el producto sea ideal para los procesos de fabricación y restauración de tarimas.

Tabla XV. **Ficha técnica sierra de mesa DWE7470**



Potencia	1,800 W	
Angulo de bisel	0° a 45° a la izquierda	
Angulo de inglete	45° a la derecha y a la izquierda	
Diámetro del disco	10 pulgadas	
RPM	5 000	
Profundidad máxima de corte	Bisel a 90°	3 pulgadas
Profundidad máxima de corte	Bisel a 45°	2 ½ pulgadas
Peso	46 lb	

Fuente: Multimateriales. *Catálogo de la empresa*. <http://www.multimateriales.com/madera-dewalt.html>. Consulta: 7 de junio de 2014.

3.2.2. Herramientas

Las herramientas cuyo diseño ergonómico resulta inadecuado para el trabajador en la ejecución de tareas, pueden causar problemas como la fatiga y el aumento al riesgo de lesiones o accidentes. La siguiente tecnología de herramientas ayuda a mitigar estos fenómenos laborales.

- Clavadora neumática

La tecnología americana de Bostitch ofrece el modelo N80CB1 de clavadora neumática diseñada para trabajos de alta velocidad y de gran

volumen. Es mucho más práctica y fácil de utilizar que métodos convencionales, además de ser cómoda y segura para operaciones de alta eficiencia.

Tabla XVI. **Ficha técnica clavadora neumática N80CB1**



Tipo de activación	Disparo por contacto		
Peso	8 libras		
Presión de trabajo (rango de mejor rendimiento)	70 psi a 100 psi		
Caudal requerido	Caudal	Razón clavos/min	Presión
	7,8 CFM	100	80 psi
Capacidad de carga máxima	300 clavos		
Largo de clavos	1 ½ a 3 ¼ pulgadas		
Diámetro de enchufe macho de herramienta	¼ de pulgada		
Diámetro interior de enchufe conector de manguera	7 mm		

Fuente: Multimateriales. *Catálogo de la empresa*. <http://www.multimateriales.com/bostitch.html>.
Consulta: 17 de junio de 2014.

- Herramienta para acabados finales

Herramienta utilizada en la etapa final de los procesos de fabricación y restauración de tarimas, con la finalidad de obtener una superficie estética, limpia y protegida.

- Lijadora eléctrica

Para la eliminación de material impregnado, manchas o inconsistencias, como marcas de sierra y alturas irregulares en cada tarima, DeWalt ofrece la herramienta adecuada para este tipo de tareas. El modelo DWP362, es una herramienta útil y eficiente en los procesos de acabado en madera, con un sistema de cambio a máquina estacionaria y un ajuste rápido de lija.

Tabla XVII. **Ficha técnica lijadora eléctrica DWP362**



Potencia	1 800 W
Amperaje de motor	12 A
Velocidad de trabajo	1 500 SFPM
Tamaño de banda	(4 X 24) pulgadas
Peso	7.03 kg.

Fuente: Constru-Herramientas. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.construherramientas.com/Lijadoras-DeWalt-GUATEMALA.htm>. Consulta: 24 de junio de 2014.

- Pistola neumática para pintar

Esta herramienta es indispensable en los procesos de acabado de toda superficie de madera, cuyo principio de funcionamiento se basa en la

pulverización de pintura por ayuda neumática. Campbell Hausfeld facilita este tipo de trabajo a través del modelo DH7900 de pistola tradicional por gravedad, que brinda mayor facilidad de limpieza, aprovechamiento total de pintura y menor necesidad de presión que los sistemas por succión.

Tabla XVIII. **Ficha técnica pistola neumática para pintar DH7900**



Tipo	Pistola neumática por gravedad
Capacidad de carga	600 ml
Caudal requerido	6,2 CFM
Presión de trabajo	40 psi
Diámetro de enchufe macho de herramienta	¼ de pulgada
Peso	0,4 kg
Pico de fluido	1,4 mm
Abanico	1 a 10 pulgadas

Fuente: Construherramientas. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.construherramientas.com/Accesorios-Campbell-Hausfeld-Guatemala.htm>. Consulta:

24 de junio de 2014.

- Flexómetro

Herramienta de medición graduada, indispensable para la verificación de medidas o dimensiones requeridas en el producto. El modelo Stanley de 5 m con botón de tranca, caja bi-material y cinta recubierta de nylon, es ideal para los procesos de fabricación y restauración de tarimas.

Figura 69. **Flexómetro**



Fuente: CEFESA Ferretería & Home Center. *Catálogo de la empresa*.
<http://www.cefesa.com/products/CINTA-METRICA-GLOBAL-PLUS-5-MTS-STANLEY.html#.VbJ6Jr7bJ1F>. Consulta: 25 de junio de 2014.

3.2.3. Transporte para el manejo y carga de tarimas

En la actualidad, los montacargas representan el equipo más utilizado en las actividades de transporte de mercancías, que por sus características de diseño, fuente de energía y valor económico, conforman un medio seguro, eficiente e indispensable, para los procesos de almacenaje y transporte de cargas.

A continuación, se muestran los criterios de selección para este tipo de maquinaria de transporte.

- Criterios para la selección del montacargas

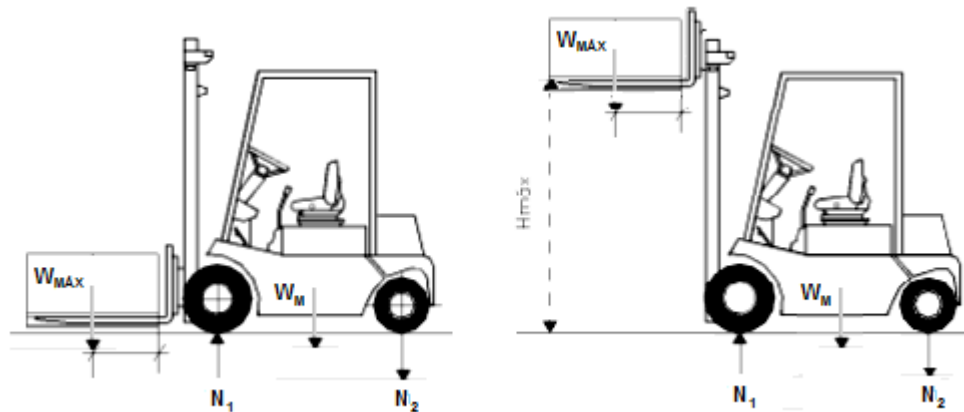
Otro de los aspectos a tomar en cuenta en la gestión de materiales, es evaluar el equipo necesario para el almacenamiento y transporte de tarimas, por lo que su correcta selección tiene una gran repercusión económica.

A continuación, se determinan algunos requisitos indispensables para la selección de este tipo de maquinaria.

- Capacidad de carga

Partiendo de la fabricación de productos de mayor peso (modelo II de tarima reversible, ver figura 10) y del criterio de centro de gravedad, se procede a calcular la máxima carga a transportar:

Figura 70. **Fuerzas resultantes por estibado de mercancías**



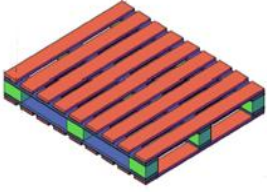
Fuente: elaboración propia, empleando Paint.

Como se podrá observar en la figura anterior, las ruedas delanteras de un montacargas convencional actúan como punto pivote y tienden a equilibrarse por el contrapeso del eje trasero N_2 y la carga sobre las cuchillas W_{max} .

Si el peso de la carga excede la capacidad máxima del montacargas o incluso inferior pero muy separada de la parrilla de respaldo, las ruedas traseras podrían levantarse, siendo este estado peligroso para el operador, el producto a

transportar y el montacargas, por lo cual la capacidad de carga requerida en este tipo de maquinaria, deberá de ser mayor al peso que se desee transportar (se asume una cantidad máxima de 18 tarimas equivalente a un apilado).

Tabla XIX. **Especificaciones de tarima reversible**

ESPECIFICACIONES DE TARIMA REVERSIBLE					MODELO II	
Cantidad de piezas de madera	Dimensiones de pieza			Volumen por pieza (m ³)	Volumen Total (m ³)	Dimensiones nominales
	Alto (pulg)	Ancho (pulg)	Largo (pulg)			(6.5 x 40 x 48) pulgadas
18	3/4	4	40	0,002	0,036	
9	3 ½	4	5 ¾	0,001	0,009	
6	3/4	6	48	0,004	0,024	
Volumen por tarima (Σ)					0,069	
Madera de uso común					Densidad madera verde	
Pino					840 kg/m ³	490 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

El peso máximo a transportar, en los procesos de fabricación de tarimas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$W_{\max} = N_t \times V_t \times \rho \quad (12)$$

Donde:

W_{\max} = peso máximo a transportar

N_t = número de productos a transportar [tarimas]

V_t = volumen de cada producto [m³]

ρ = densidad por producto [kg/m³]

Sustituyendo valores:

$$W_{\max} = 18 \times 0,069 \text{ m}^3 \times 840 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \geq 1\,043,28 \text{ kg} \sim 2\,300 \text{ lb}$$

El montacargas requerido para las operaciones internas de la planta, deberá cumplir con una capacidad de carga superior a las 2 300 lb.

- Fuente de energía

La fuente de energía se determina por factores relativos a la instalación, al producto, a las cargas y al ritmo de trabajo. Los montacargas de motor de combustión interna presentan sobre los de motor eléctrico mayores prestaciones, acorde a las condiciones de trabajo o procesos de fabricación de tarimas de la empresa, siendo ideales para trabajar a la intemperie.

- Altura máxima de elevación

Como se podrá observar en la figura 35, la altura máxima de elevación se relaciona con la capacidad de carga dado por la disminución de esta, a medida que se incrementa la altura. La altura de elevación que un montacargas pueda tener obedece generalmente al tipo de mástil que este posee, se recomienda los del tipo de mástil doble, para alturas mayores.

- Rodaje

Existen dos tipos de rodaje fundamentales: neumáticos y sólidos, siendo los de rodaje neumático los más aptos para los suelos característicos de la empresa.

A continuación, se presenta la propuesta de montacargas según especificaciones anteriores.

Tabla XX. **Ficha técnica montacargas Komatsu**



Tipo	Montacargas a gas
Capacidad de carga	5 000 lb
Motor	NISSAN 40.6 HP 2,600 RPM
Consumo de combustible	5 lb/hora
Mástil	Vertical de 3 etapas
Altura máxima de elevación	4.77 m
Transmisión	Automática de 2 velocidades
Dimensión de cuchillas	(42 X 1,5 X 5) pulgadas
Rodaje	Neumático
Tipo de batería	Industrial, 12 voltios

Fuente: Komatsu. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.komatsuamerica.com/equipment/forklift/ic-pneumatic/bx50-series>. Consulta: 1 de julio de 2014.

3.2.4. **Costos de maquinaria y equipo**

A continuación se detalla el importe asociado a cada uno de los equipos y maquinaria de trabajo de la nueva planta de producción de tarimas:

Tabla XXI. **Costos de maquinaria y equipo**

Proveedor	Maquinaria/equipo	Cantidad	Precio U.	Importe
Multimateriales S. A.	Sierra de mesa DeWalt DWE7470	1	Q 3 895,00	Q 3 895,00
	Clavadora neumática Bostitch N80CB1	2	Q 3 600,00	Q 7 200,00
Constru-Herramientas S. A.	Lijadora de banda DeWalt DWP362	2	Q 3 250,00	Q 6 500,00
	Pistola neumática para pintar Campbell Hausfeld DH7900	2	Q 595,00	Q 1 190,00
	Compresor Campbell Hausfeld C1073120HX	1	Q 29 995,00	Q 29 995,00
CEFESA Ferreteria & Home Center	Flexómetro de 5 m STANLEY	2	Q 50,20	Q 100,40
Maquinaria y Equipos S. A.	Montacargas KOMATSU FG25T16	1	Q 236 654,00	Q 236 654,00
TOTAL				Q 285 534,40

Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionados por los proveedores.

3.3. Distribución en la planta

La siguiente distribución implica la localización de estaciones de trabajo, maquinaria, almacenaje, rutas de acceso, áreas de carga y descarga, entre otros factores involucrados en los procesos de fabricación y restauración de tarimas, organizados de tal manera que se garantice un flujo de trabajo uniforme, el control visual en las operaciones y la reducción de costos por transporte o manipulación de materiales.

3.3.1. Maquinaria y equipo

La distribución del equipo o maquinaria de trabajo, se basa en un formato definido por los objetivos de diseño y el desplazamiento mínimo de materiales en tres áreas fundamentales:

- Área de corte

Área determinada para el corte en madera y obtención de piezas en caso de ser requeridas para ensamble.

La ubicación de la maquinaria se fundamenta bajo la disposición y el requerimiento de espacio de la Sierra de Mesa DeWalt DWE7470 propuesta anteriormente.

- Área de inspección y operaciones

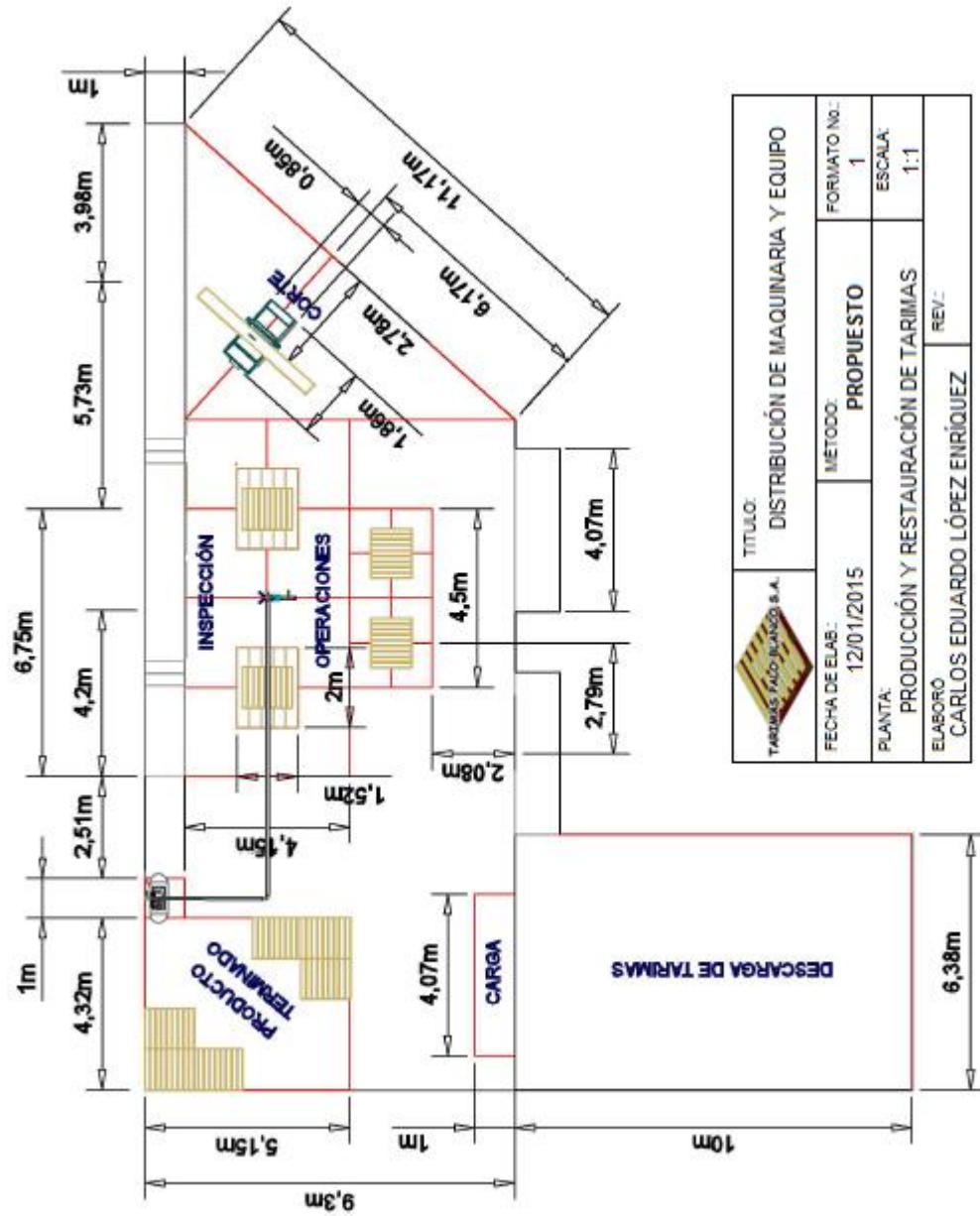
Área destinada a los procesos de evaluación y restauración de tarimas, a través de la sustitución de piezas dañadas y mejoras superficiales.

- Área de producto terminado

Área de almacenaje para toda tarima restaurada, con el fin de evitar obstrucciones en los procesos de fabricación y facilitar el traslado por montacargas.

Como se podrá observar en la figura 36, el equipo utilizado en los procesos de fabricación y restauración de tarimas es ubicado a cercanías del producto, con la finalidad de tener poca manipulación de la unidad principal, proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes del producto y obtener un alto grado de ordenamiento de tareas. La ubicación de la maquinaria de suministro de aire comprimido (compresor), no afecta el flujo o condiciones de trabajo en lo más mínimo.

Figura 71. Distribución en planta



	TÍTULO:	DISTRIBUCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO	
	FECHA DE ELAB.:	12/01/2015	METODO: PROPUESTO
	PLANTA:	PRODUCCIÓN Y RESTAURACIÓN DE TARIMAS	FORMATO No.: 1
	ELABORÓ:	CARLOS EDUARDO LÓPEZ ENRIQUEZ	ESCALA: 1:1
			REV.:

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.3.2. Estaciones de trabajo y requerimientos

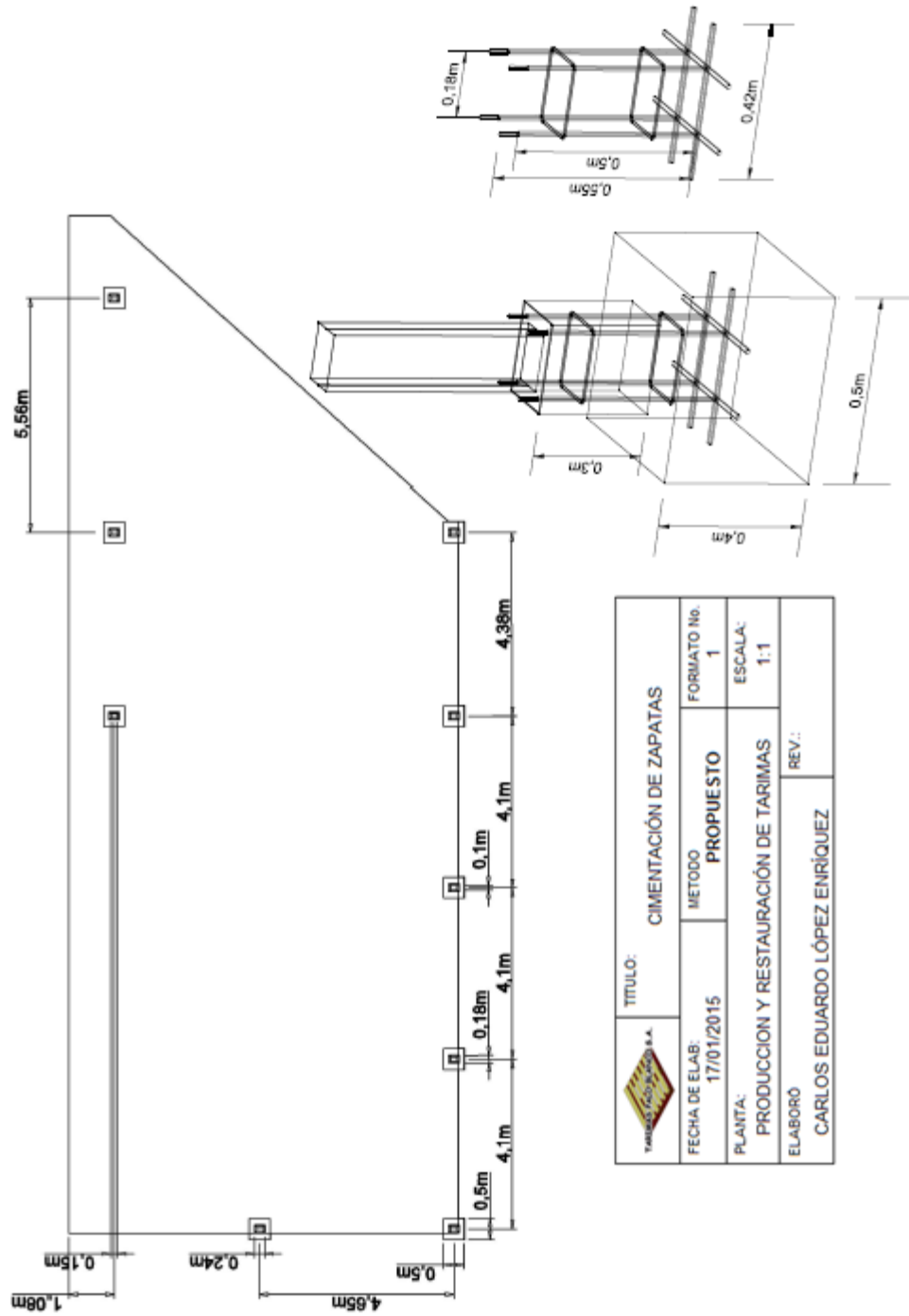
Se sugiere la implementación de mesas de trabajo en el área de ensamble y acabados, con el objetivo de analizar el producto y sus materiales en un ambiente seguro y cómodo. Un diseño ergonómico con medidas de 2 m de largo, 1,52 m de ancho y 0,65 m de alto, permitirá reducir la fatiga y los movimientos innecesarios por la permanencia del producto en una posición fija.

Una estructura a base de madera permitirá reducir resonancias generadas por equipos de impacto (clavadoras neumáticas), además de ser una buena alternativa por la disposición de recursos presentes en la empresa.

3.4. Detalles de cimentación y diseño

Con el propósito de transmitir las cargas puntuales de la edificación y de distribuir las de forma que no superen la presión admisible del terreno, se propone una cimentación directa de zapata aislada, fabricada a base de hormigón armado.

Figura 72. Plano de cimentación para zapatas aisladas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Una elevación de 1 pie en pilares de concreto armado sobre el nivel del suelo, permitirá proteger la estructura de cualquier sustancia corrosiva.

3.5. Condiciones de trabajo

Para lograr un ambiente de trabajo motivante e influyente en los resultados que se deseen obtener, se busca crear condiciones que cumplan con la salud y el bienestar del trabajador sin que este pueda llegar a sufrir de fatiga o enfermedades de distinta tipología. Algunas de estas condiciones son propuestas en los apartados siguientes.

3.5.1. Iluminación

La metodología empleada en los siguientes diseños de iluminación para las diferentes áreas de la planta, se define a través del método de flujo luminoso para alumbrado de interiores.

A continuación, se detallan los parámetros previos al análisis de iluminación:

- Iluminancia

El nivel requerido de iluminación para cada área de trabajo, se deduce a partir de factores de peso tales como: una edad promedio en los operarios menor a los 40 años, una velocidad y exactitud importante en el trabajo y reflectancias de alrededores entre 30 y 70 %, dando como resultado la elección de valores medios en los niveles de iluminancia (ver tabla XXI y XXII).

Tabla XXII. Factores de peso

FACTOR	-1	0	1
Edad	<40	40-55	>55
Velocidad y exactitud	No importante	Importante	Critico
Reflectancia de alrededores	>70 %	30-70 %	<30 %
Σ			
-2 o -3	Usar valor inferior		
-1, 0, -1	Usar el valor medio		
+2 o -3	Usar el valor superior		

Fuente: MARTÍNEZ, Oliver. *Diseño de una planta agro industrial, para procesamiento, transformación y conservación de productos de origen animal y vegetal, en la ENCA.* p. 223.

Tabla XXIII. Niveles de iluminancia

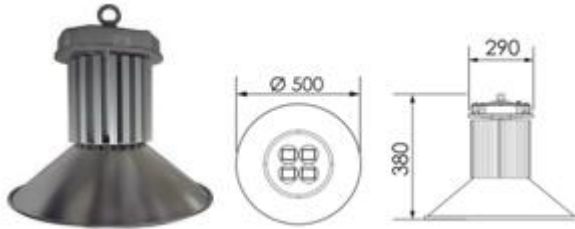
TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	ILUMINANCIA lm/m ²		
	Mínima	Media	Máxima
Áreas generales en las edificaciones			
Áreas de circulación, corredores	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	100	150	200
Vestidores, baños	100	150	200
Almacenes, bodegas	100	150	200
Talleres de madera y fábricas de muebles			
Aserraderos	150	200	300
Trabajo en banco y montaje	200	300	500
Maquinado de madera	300	500	750
Terminado e inspección final	500	750	1 000

Fuente: RAMÍREZ, Julián; LLANO, Cristian. *Guía para el diseño de iluminación interior.* p. 16.

- Selección de lámpara y luminaria

Se recomienda el uso de luminarias Luxlite, con cuerpo de aluminio, difusor de vidrio templado y balasto electrónico con alto factor de potencia para lámparas led. Por su ahorro energético y aplicación en general, para montajes entre 4 y 9 m de altura, son ideales para este tipo de industrias.

Tabla XXIV. **Ficha técnica lámpara led186 Luxlite**



Lámpara	Color de Luz	Temp de Operación	Temp.de Color	Tensión (V)	Potencia Total (W)	Flujo Lumin. (lm)	Rend Lám. (lm/W)	Vida útil (HRS)
4 Led's COB LUXLITE	BLANCA 72.13 CRI	-40-55°C	6 500 K	220 240	200	18 000	90	18 000

Fuente: CELASA. *Catálogo Luxlite, Iluminación Industrial*. <http://www.celasa.biz/>. Consulta: 9 de julio de 2014.

- **Factor de mantenimiento**

Este factor representa la reducción de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas que regularmente depende de las condiciones ambientales de la instalación y la forma en cómo se efectúa el mantenimiento. Para facilitar la deducción de este factor, la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) proporciona la siguiente tabla, la cual especifica la frecuencia del mantenimiento, el tipo de luminaria y finalmente las condiciones medioambientales a las que será sometido el sistema.

Tabla XXV. Valores de Fm sugeridos por la CIE

Frecuencia de limpieza (años)	1				2			
	Muy limpio	Limpio	Normal	Sucio	Muy limpio	Limpio	Normal	Sucio
Condiciones ambientales								
Luminarias abiertas	0,96	0,93	0,89	0,83	0,93	0,89	0,84	0,78
Reflector parte superior abierta	0,96	0,90	0,86	0,83	0,89	0,84	0,80	0,75
Reflector parte superior cerrada	0,94	0,89	0,81	0,72	0,88	0,80	0,69	0,59
Reflectores cerrados	0,94	0,88	0,82	0,77	0,89	0,83	0,77	0,71
Luminarias a prueba de polvo	0,98	0,94	0,90	0,86	0,95	0,91	0,86	0,81
Luminarias con emisión directa	0,91	0,86	0,81	0,74	0,86	0,77	0,66	0,57

Fuente: RAMÍREZ, Julián; LLANO, Cristian. *Guía para el diseño de iluminación interior*. p. 26.

- Índice del local (k)

El cálculo de este indicador para una iluminación directa, se determina a través de la siguiente expresión:

$$k = \frac{l \times a}{h'(l + a)} \quad (13)$$

Donde:

k = índice del local [adimensional]

l = longitud de local [m]

a = ancho de local [m]

h' = altura de las luminarias sobre el plano de trabajo [m]

- Reflectancia

El poder reflectante de las superficies que rodean las áreas de trabajo juega un papel muy importante en el resultado final de la iluminación, debido a que la luz emitida por la lámpara podrá ser reflejada y aprovechada en mayor ó menor grado según este valor. La siguiente tabla muestra los valores respectivos más utilizados:

Tabla XXVI. **Reflectancias**

	Color	Reflectancia (%)
Techo	Muy claro	70
	Claro	50
	Medio	30
Paredes	Claro	50
	Medio	30
	Obscuro	10

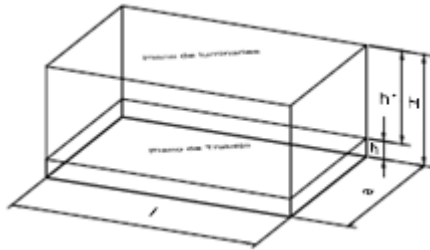
Fuente: TORRES, Sergio. *Ingeniería de Plantas*, p. 121.

Con el propósito de reducir costos por iluminación, se diseña un sistema de distribución de lámparas o luminarias para cada área de trabajo: Área de Investigación y Operaciones, Área de Corte y Área de Producto Terminado.

- Iluminación: Área de Investigación y Operaciones

En esta área se debe asegurar una iluminancia promedio de 750 lm/m² en toda su localidad (ver tabla XXII).

Tabla XXVII. **Amplitud de iluminación Área de Investigación y Operaciones**



Datos de entrada	
Área a iluminar	Dimensión [m]
Largo (l)	9,000
Ancho (a)	6,225
Alto (H)	6,000
Altura desde el suelo al plano de trabajo (h)	0,650
Altura desde el plano de trabajo al plano de luminarias (h')	5,350

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo del índice del local (k)


De la ecuación 8:

$$k = \frac{9 \times 6,225}{5,35(9 + 6,225)} \sim 0,69$$

- Coeficiente de utilización lumínica

El coeficiente de utilización lumínica representa la cantidad de flujo luminoso efectivamente aprovechado en el plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies dentro de la planta. Este valor se determina a través de la siguiente tabla, por la intersección e interpolación de datos entre las reflectancias efectivas de las superficies y el índice del local (k).

Tabla XXVIII. Coeficientes de utilización lumínica

Luminarias	Índice del local K	Techo							
		75 %			50 %			30 %	
		50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %	30 %	10 %
reflectores de haz medio 	0,50 ÷ 0,70	0,35	0,32	0,30	0,35	0,32	0,30	0,32	0,30
	0,70 ÷ 0,90	0,43	0,39	0,37	0,42	0,39	0,37	0,39	0,37
	0,90 ÷ 1,10	0,48	0,45	0,42	0,47	0,44	0,42	0,43	0,41
	1,10 ÷ 1,40	0,53	0,50	0,47	0,52	0,49	0,47	0,48	0,46
	1,40 ÷ 1,75	0,57	0,53	0,50	0,55	0,52	0,50	0,52	0,50
	1,75 ÷ 2,25	0,61	0,57	0,55	0,59	0,57	0,54	0,56	0,54
	2,25 ÷ 2,75	0,64	0,61	0,59	0,62	0,60	0,58	0,59	0,57
	2,75 ÷ 3,50	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61	0,60	0,61	0,59
	3,50 ÷ 4,50	0,68	0,66	0,63	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62
	4,50 ÷ 6,50	0,69	0,67	0,66	0,67	0,66	0,64	0,65	0,63

Fuente: *Coeficientes de utilización lumínica*. <http://www.tuveras.com/luminotecnica/interior.htm>.

Consulta: 11 de julio de 2014.

- Cálculo del número de luminarias

Este valor se determina por la relación entre el flujo luminoso total requerido para producir la iluminancia media (E) y el flujo luminoso emitido por la lámpara, a través de la siguiente expresión:

$$N = \frac{\varphi_T}{\varphi_L} \quad (14)$$

Donde:

N = Número de luminarias

φ_T = Flujo luminoso total [lm]

φ_L = Flujo luminoso emitido por la lámpara [lm]

- Flujo luminoso total

$$\varphi_T = \frac{E \times A}{C_u \times f_m} \quad (15)$$

Donde:

E = iluminancia requerida [lm/m^2]

A = área a iluminar [m^2]

C_u = coeficiente de utilidad lumínica [adimensional]

f_m = factor de mantenimiento [adimensional]

Al sustituir los valores anteriores en la ecuación 9, se obtiene una tercera ecuación la cual brinda un cálculo más sencillo para el número de luminarias:

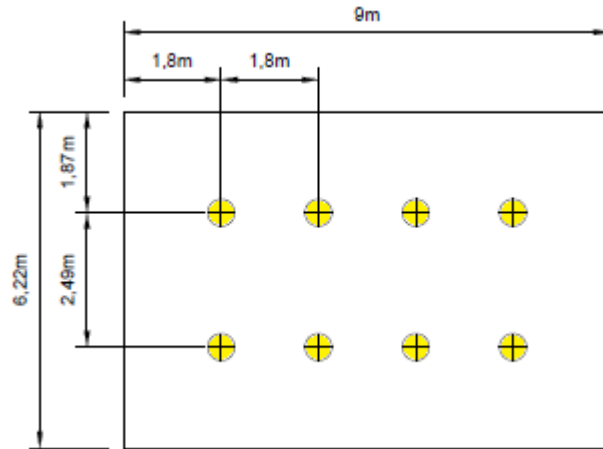
$$N = \frac{E \times A}{\varphi_L \times C_u \times f_m} \quad (16)$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior:

$$N = \frac{750 \times (9 \times 6,225)}{18\,000 \times 0,32 \times 0,94} \sim 8 \text{ luminarias}$$

Partiendo del resultado anterior se determina que el número total de luminarias Luxlite requeridas para el área de investigación y operaciones, es de 8.

Figura 73. **Distribución de luminarias Área de Investigación y Operaciones**

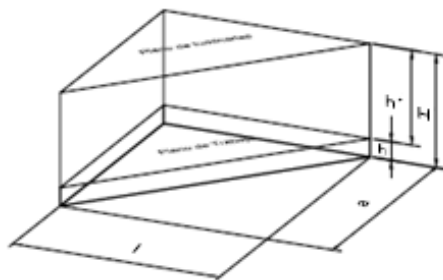


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Iluminación: Área de Corte

En esta área se debe asegurar una iluminancia promedio de 500 lm/m^2 en toda su localidad (ver tabla XXII).

Tabla XXIX. **Amplitud de iluminación Área de Corte**



Datos de entrada	
Área a iluminar	Dimensión (m)
Largo (l)	7,475
Ancho (a)	8,300
Alto (H)	7,000
Altura desde el suelo al plano de trabajo (h)	0,850
Altura desde el plano de trabajo al plano de luminarias (h')	6,150

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo del índice del local (k)

Por ser un área de iluminación triangular, se deberá emplear la siguiente ecuación resultante del ajuste respectivo de la ecuación 8:

$$k = \frac{A}{h'(l + a)} \quad (17)$$

Donde:

$$A = \text{área a iluminar [m}^2\text{]}$$

Siendo:

$$A = \frac{1}{2}(l \times a) = \text{área de un triángulo}$$

Sustituyendo valores:

$$k = \frac{\frac{1}{2}(7,475 \times 8,3)}{6,15(7,475 + 8,3)} \sim 0,32$$

- Coeficiente de utilización lumínica

Como se podrá observar en el resultado de la ecuación anterior, $k = 0,32$ no se localiza en ningún rango específico de la tabla XXVII, por lo que se recomienda la siguiente interpolación para obtener el valor del coeficiente de utilización deseado.

k	C_u
0,30	C _{u1}
0,50	0,32
0,70	0,39

$$\frac{0,30 - 0,50}{0,30 - 0,70} = \frac{C_{u1} - 0,32}{C_{u1} - 0,39}$$

Despejando:

$$C_{u1} = 0,25$$

El nuevo rango para el índice k tendrá un valor de C_u = 0,25 siendo este valor el correspondiente al índice k = 0,32 deducido anteriormente.

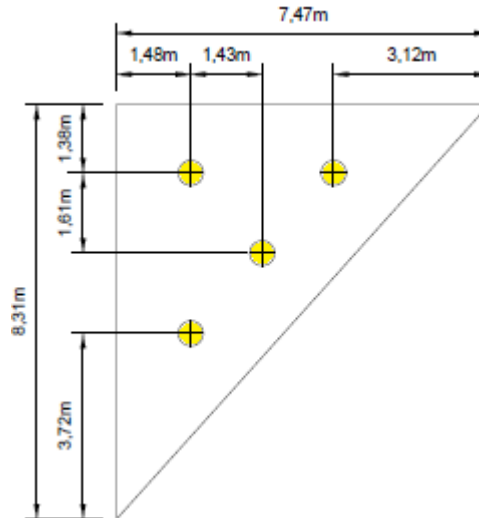
- Cálculo del número de luminarias

De la ecuación 11:

$$N = \frac{500 \times \frac{1}{2} (7,475 \times 8,3)}{18\,000 \times 0,25 \times 0,94} \sim 4 \text{ luminarias}$$

El número total de luminarias Luxlite requeridas en el área de corte, es de 4.

Figura 74. **Distribución de luminarias Área de Corte**

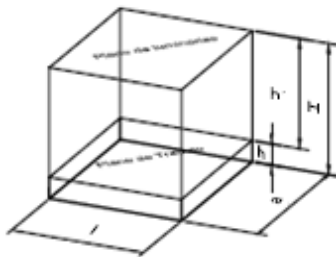


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Iluminación: Área de Producto Terminado

En esta área se debe asegurar una iluminancia promedio 150 lm/m^2 en toda su localidad (ver tabla XXII).

Tabla XXX. **Amplitud de iluminación Área de Producto Terminado**



Datos de entrada	
Área a iluminar	Dimensión (m)
Largo (l)	4,320
Ancho (a)	5,150
Alto (H)	5,500
Altura desde el suelo al plano de trabajo (h)	0,850
Altura desde el plano de trabajo al plano de luminarias (h')	4,650

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cálculo del índice del local (k)

De la ecuación 8:

$$k = \frac{4,32 \times 5,15}{4,65(4,32 + 5,15)} \sim 0,51$$

- Coeficiente de utilización lumínica

Como se podrá observar en el resultado anterior, el índice $k = 0,51$ se encuentra en el mismo rango del coeficiente de utilización del área de inspección y operaciones, por lo que se usará un $C_u = 0,32$ en los siguientes cálculos (ver tabla XXVII).

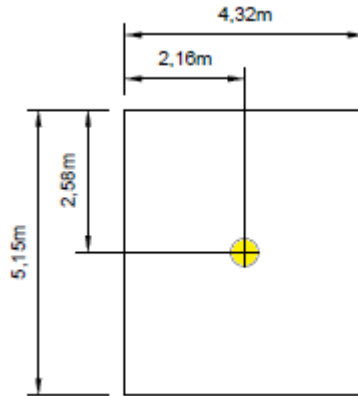
- Cálculo del número de luminarias

De la ecuación 11:

$$N = \frac{150 \times (4,32 \times 5,15)}{18\,000 \times 0,32 \times 0,94} \sim 1 \text{ luminaria}$$

Para el área de producto terminado únicamente se necesita una luminaria Luxlite.

Figura 75. **Distribución de luminarias Área de Producto Terminado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

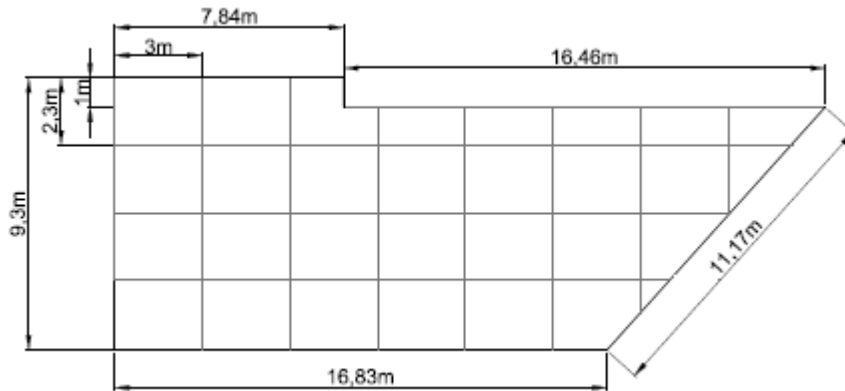
3.5.2. Ruido

Las clavadoras neumáticas generan en funcionamiento intensidades de sonido del tipo impulsivo arriba de los 90 decibelios, por lo que se recomienda el uso de protectores auditivos, con la finalidad de garantizar la salud en los trabajadores. Otros equipos de trabajo y maquinaria propuestos anteriormente, no representan algún daño a la salud auditiva del trabajador, por su ubicación aislada de los procesos de fabricación y operaciones transitorias.

3.5.3. Pisos

Se sugiere la fabricación de un piso de hormigón de 6 cm de espesor, con una pendiente de 2° hacia afuera y una sisa de ¼ de pulgada de ancho por ¼ de pulgada de profundidad, en recuadros de 3 x 2,30 m para cargas concentradas generadas por la maquinaria y circulantes por montacargas.

Figura 76. **Propuesta para losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.6. Diseños de bodegas de almacenamiento

La figura 36, detalla la ubicación y el diseño de las bodegas de almacenamiento que permitirán al operario o al administrador el control de materiales, la evaluación del sistema productivo, la adecuación y resguardo del producto terminado, materia prima y herramientas.

3.6.1. Materia prima

La materia prima principal es la madera, por esta razón se sugiere la realización de una bodega bajo los escalones de la nueva planta de producción, que la proteja de la lluvia y la humedad, con la finalidad que esté en óptimas condiciones para los procesos de corte y ensamble, aprovechar al máximo los espacios disponibles, reducir la fatiga en el operario y agilizar la producción. La madera de pino en tabloncillos, será clasificada y colocada acorde a sus dimensiones en esta área (ver figura 36).

3.6.2. Producto terminado

En la figura 36, se puede observar el área de producto terminado. La ubicación dentro de la planta hará resguardar cada tarima de las inclemencias del tiempo.

3.6.3. Herramientas

Se debe disponer de un estante para que los trabajadores resguarden los utensilios y herramientas de trabajo, de tal manera que sea de fácil acceso para la iniciación de las operaciones diarias. En la figura 36, se puede observar el diseño del estante próximo al área de inspección y operaciones de la planta.

3.7. Manejo de desechos

La generación de desechos es infalible en las actividades de la organización. El manejo inadecuado de estos desechos en gran parte obstruye las áreas de trabajo, genera proliferación de plagas y afecta considerablemente el ambiente laboral, por lo que resulta necesario un procedimiento apropiado que garantice un alto nivel de protección.

3.7.1. Desechos sólidos

Entre los desechos sólidos que se pueden encontrar en la planta de producción, se pueden mencionar: la basura común, clavos, aserrín y madera, que se incrementan debido a las actividades de producción y consumo. La recolección y traslado de estos desechos generados dentro de la planta a depósitos de disposición final, brinda un sistema de gestión de residuos sólidos adecuado e integral.

Para la basura común se debe contratar un servicio municipal o una empresa recolectora que se dedique especialmente a este oficio y sea la responsable de depositar la basura en vertederos municipales.

Debido al desperdicio de madera y aserrín, se sugiere acumularlo en toneles de metal, para la posterior venta a diferentes empresas, tales como: panaderías, tortillerías, restaurantes, entre otros consumidores que requieran de este tipo de material.

Figura 77. **Toneles de metal para el depósito de desechos**



Fuente: *Toneles metálicos*. http://es.123rf.com/clipart-vectorizado/steel_drum.html. Consulta: 28 de mayo de 2014.

3.8. Distribución de aire comprimido

El objetivo del siguiente diseño es distribuir el aire comprimido desde la unidad generadora (compresor) a la presión, flujo y calidad de aire requerido por las herramientas de trabajo, reduciendo al mínimo las pérdidas de energía.

3.8.1. Presión de trabajo

La presión a la que el aire comprimido debe distribuirse está parcialmente determinada por el equipo de la planta de mayor exigencia (clavadoras neumáticas Bostitch, para una presión de trabajo de 80 psi y un caudal de aire requerido por el uso simultáneo de estas herramientas de 19,5 ft³/min).

La red de distribución de aire comprimido deberá dimensionarse de tal forma que la caída de presión máxima entre la salida del compresor y el punto de consumo más lejano, sea como máximo de 0,1 bar más un 25 % por pérdidas finales originadas en la manguera flexible de conexión y otros conectores de la herramienta al punto de consumo.

$$\Delta P = 0.1 \times 1,25 = 0,125 \text{ bar} \sim 1.813 \text{ psi}$$

La caída de presión obtenida, involucra todas las pérdidas de presión ocasionadas por accesorios y equipos de disposición final, como válvulas de globo, filtros, reguladores de presión, entre otros.

3.8.2. Dimensionado de tuberías

Se deberá seguir la ruta más corta de distribución de aire comprimido, la cual permita menores pérdidas de presión en el sistema por la instalación de accesorios y complementos. Las tuberías horizontales deben tener una pendiente de 10 mm por cada metro de largo.

Figura 78. **Distribución de aire comprimido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El flujo de aire en la tubería podrá cerrarse sin afectar el funcionamiento de la red, en caso de falla ó mantenimiento por medio de la instalación de 3 válvulas de bola, una ubicada en la línea principal a la salida del compresor, otra antes del filtro sobre la línea de servicio y la última servirá para la purga de condensado al final de la ramificación.

Se debe incorporar a la línea de servicio un filtro y un regulador de presión como unidades de mantenimiento, para producir mejores desempeños en la remoción de humedad y eficiencia del sistema. Las herramientas que requieran de un menor caudal y una baja presión (pistolas neumáticas DH7900, ver tabla XVII), podrán funcionar a través del ajuste respectivo de la unidad reguladora, en relación a lo demandado por las herramientas neumáticas.

Figura 79. **Unidad de mantenimiento**



Fuente: Constru-Herramientas. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.construherramientas.com/Accesorios-Campbell-Hausfeld-Guatemala.htm>. Consulta: 3 de marzo de 2015.

3.8.3. Líneas de distribución y purga

La siguiente tabla muestra la longitud de cada segmento de tubería requerida para la red distribución propuesta en la figura 47. Se recomienda una tubería de hierro galvanizado (HG).

Tabla XXXI. **Longitud de segmentos de tubería de HG**

Líneas de distribución y purga	Segmentos de tubería de HG [m]
Línea principal	0,058
	3,929
Línea de distribución	2,930
	6,000
	1,348
	2,870
	0,103
Línea de servicio	0,137
	0,275
	0,346
Longitud Total	18,000

Fuente: elaboración propia.

Para la elaboración de la red de distribución de aire comprimido, se necesitarán aproximadamente 3 tubos de hierro galvanizado de 6 metros de largo, 4 codos normales a 90° y 2 conexiones del tipo tee y niple respectivamente.

A partir de los datos anteriores, se encuentra el diámetro interior de la tubería por medio de la ecuación 1 descrita en el marco teórico:

$$\Delta P = \frac{1,6 \times Q^{1,85} \times L}{d^5 \times P_1}$$

Despejando el diámetro de la ecuación anterior:

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times Q^{1,85} \times L}{\Delta P \times P_1}} \quad (18)$$

Sustituyendo valores en la expresión anterior:

$$\Delta P = 1,813 \text{ psi} \sim 12\,500,195 \text{ Pa}$$

$$L = 18 \text{ m}$$

$$Q = 19,5 \text{ ft}^3/\text{min} = 0,552 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_1 = 80 \text{ psi} = 620\,528,156 \text{ Pa}$$

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 0,552^{1,85} \times 18}{12\,500,195 \times 620\,528,156}} = 0,026 \text{ m}$$

Utilizando el resultado anterior, se deberá realizar un nuevo cálculo ajustando la longitud de la tubería debido a la incorporación de accesorios a la red de distribución de aire comprimido (ver tabla VIII).

Tabla XXXII. Longitud equivalente de tubería debida a accesorios

Accesorio	Longitud equivalente [m]	Cantidad	Longitud equivalente total [m]
Codo 90° normal	1,5	4	5,50
Tee de flujo curvo	1,5	1	1,50
Válvula de bola	0,3	3	0,90
Niple/unión	0,5	1	0,50
Longitud total a agregar			8,40

Fuente: elaboración propia, a partir de datos de la tabla VIII.

La nueva longitud de la tubería, se determina mediante la siguiente expresión:

$$L = 18 + 8,4 \sim 27 \text{ m}$$

Sustituyendo los valores respectivos en la ecuación 13:

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 0,552^{1,85} \times 27}{12\,500,195 \times 620\,528,156}} = 0,028 \text{ m}$$

Pasando el resultado anterior a medidas comerciales, se deberá instalar una tubería de hierro galvanizado cédula 40 de una pulgada de diámetro interior.

3.8.4. Soporte de tuberías

Se recomienda soportes del tipo tirante para tuberías horizontales y del tipo abrazadera para verticales, especialmente diseñados para adaptarse al diámetro de la misma (ver figura 23). Estos soportes deben ir colocados a cada

2.5 m de manera horizontal y a cada 3 m de manera vertical, con el objetivo de evitar flexionamientos excesivos.

3.9. Costos del montaje de la línea de producción

A continuación se presenta la tabla de costos totales asociados a cada una de las propuestas planteadas anteriormente, con un monto total de cuatrocientos un mil seiscientos cincuenta y seis punto doce quetzales (Q 401 656,12) para la nueva planta de producción, cubriendo así las necesidades de la organización.

Tabla XXXIII. **Costos estimados de la planta de producción**

	Cimentación de zapatas		Costos Asociados [Q]	Costos totales [Q]
Fase de cimentación 8,42 %	Materiales	Hierro corrugado	240,00	
		Hierro liso	64,00	
		Piedrín	220,00	
		Arena	45,00	
		Cemento	474,00	
		Alambre de amarre	8,00	
		Mano de obra regional	1 600,00	2 651,00
	Losa de cimentación			
	Materiales	Piedrín	5 500,00	
		Arena	2 700,00	
Cemento		15 800,00		
Mano de obra regional		7 160,00	31 160,00	
Fase de estructura y cubierta 10,57 %	Techo			
	Materiales	Costaneras tipo C	5 168,00	
		Tubos rectangulares	14 073,25	
		Lámina galvanizada acanalada	11 580,80	
		Lámina traslucida de policarbonato	2 800,00	
		Caballetes	532,00	
		Tornillos para fijación de cubierta	447,32	
		Canaletas, ductos y accesorios	3 795,00	
		Mano de obra regional	7 000,00	45 396,37

Continuación de la tabla XXXIII.

Fase de iluminación 9,47 %	Iluminación		Costos Asociados [Q]	Costos totales [Q]
		Lámparas y luminarias	38 034,75	38 034,75
Fase de maquinaria y equipo 71,14 %	Maquinaria y Equipo			
	Maquinaria	Sierra de mesa	3 895,00	
		Compresor	29 995,00	
	Herramientas	Lijadoras de banda	6 500,00	
		Pistolas neumáticas para pintar	1 190,00	
		Flexómetros	100,40	
		Clavadoras neumáticas	7 200,00	
	Transporte	Mangueras flexibles	190,00	
Montacargas		236 654,00	285 724,40	
Fase de distribución de aire comprimido 0,40 %	Distribución de aire comprimido			
	Accesorios de la red	Tubería de HG	726,75	
		Codos 90°	46,40	
		Tees	16,80	
		Niples/uniones	10,70	
		Válvulas de bola	227,70	
		Unidad filtro regulador	595,00	1 623,35
		TOTAL	404 589,87	

Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionados por los proveedores (ver anexo I).

Debido a que la empresa es pequeña y se encuentra en crecimiento, se sugiere realizar la adquisición del montacargas en una última fase de inversión, amortizando así, los demás costos asociados a la nueva planta de producción.

Tabla XXXIV. **Análisis de riesgo económico**

Proyección (años)	0	1	2	3	4	5
Costos de inversión	[Q]					
Cimentación de zapatas	2 651,00					
Losa de cimentación	31 160,00					
Techo	42 462,62					
Iluminación	38 034,75					
Maquinaria y equipo	49 070,40					
Distribución de aire comprimido	1 623,25					

Continuación de tabla XXXIV.

Proyección (años)	0	1	2	3	4	5
Equipo de protección personal	837,25					
Extintores	2 252,00					
Sistema de captación de agua pluvial	3 795,00					
Inversión inicial	174 820,12					
Costo de operación		[Q]	[Q]	[Q]	[Q]	[Q]
Energía eléctrica		2 789,23	2 789,23	2 789,23	2 789,23	2 789,23
Control de plagas		6 012,00	6 012,00	6 012,00	6 012,00	6 012,00
Mantenimiento de edificio		6 950,48	6 950,48	6 950,48	6 950,48	6 950,48
Mantenimiento de maquinaria y equipo		11 104,00	11 104,00	11 104,00	11 104,00	11 104,00
Renovación de equipo de protección personal		2 994,24	2 994,24	2 994,24	2 994,24	2 994,24
Papelería y útiles		2 740,00	2 740,00	2 740,00	2 740,00	2 740,00
Materia prima		62 366,00	62 366,00	62 366,00	62 366,00	62 366,00
Recarga de extintores		552,14	552,14	552,14	552,14	552,14
Sueldos operativos		95 198,40	95 198,40	95 198,40	95 198,40	95 198,40
Capacitaciones		1 503,60	1 503,60	1 503,60	1 503,60	1 503,60
Egresos anuales		192 210,09	192 210,09	192 210,09	192 210,09	192 210,09
Ingresos anuales		216 000,00	226 800,00	238 140,00	250 047,00	262 549,35
Utilidad		23 789,91	34 589,91	45 929,91	57 836,91	70 339,26
Depreciación		[Q]	[Q]	[Q]	[Q]	[Q]
Maquinaria y equipo		9 814,08	9 814,08	9 814,08	9 814,08	9 814,08
Edificio		3 960,37	3 960,37	3 960,37	3 960,37	3 960,37
Total depreciación		13 774,45	13 774,45	13 774,45	13 774,45	13 774,45
Renta imponible		10 015,46	20 815,46	32 155,46	44 062,46	56 564,81
ISR		500,77	1 040,77	1 607,77	2 203,12	2 828,24
Renta imponible - ISR		9 514,69	19 774,69	30 547,69	41 859,34	53 736,57
Flujo de caja	174 820,12	23 289,14	33 549,14	44 322,14	55 633,79	67 511,02
Préstamo	30 000,00	8 949,47	8 949,47	8 949,47	8 949,47	8 949,47
Flujo de inversionista	144 820,12	14 339,67	24 599,67	35 372,67	46 684,32	58 561,55
Flujo ingresos al año 0		13 656,83	22 312,63	30 556,24	38 407,31	45 884,51
VPE	144 820,12					
VPI	150 817,51					
VPN	5 997,39					
TIR	6,22 %					
B/C	1,04					

Fuente: elaboración propia (ver apéndice).

Como se puede observar en los resultados del análisis anterior, la rentabilidad mínima de aceptación del proyecto es de Q 5 997,39 para una tasa de oportunidad inferior al 6,22% (se utilizó una tasa del 5% anual), siendo los ingresos mayores a los egresos y por lo tanto el proyecto es favorable.

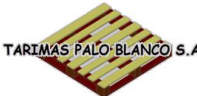
4. DISEÑO DE GUÍAS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Procedimientos para la producción

Los siguientes procedimientos describen cada una de las actividades a seguir en los procesos de fabricación y restauración de tarimas, con la finalidad de promover la optimización de recursos y la seguridad en los trabajadores.

Previo al detalle de cada procedimiento, es importante definir los siguientes puestos de trabajo, necesarios para la ejecución de toda actividad de producción.

Tabla XXXV. **Descriptor de puesto Operario 1 y 2**

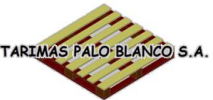
 <p>TARIMAS PALO-BLANCO S.A.</p>	<h3>Operario 1 y 2</h3>	<p>Fecha de Elaboración: 00/00/00</p> <p>Fecha de Revisión: 00/00/00</p>
<p>Planta: Producción y Restauración de Tarimas. Reporta a: Supervisor de Producción. Le reportan: ninguno.</p>		
<p>Objetivo del puesto: Ejecutar las tareas de producción y mantenimiento del edificio.</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verifica el estado de la materia prima. • Elabora piezas de madera para ensamble. • Elabora cada producto acorde a especificaciones requeridas por el cliente. • Responsable de los acabados de cada tarima. • Encargado de llevar el registro correspondiente de los egresos e ingresos de tarimas. • Verifica las condiciones del edificio y brinda apoyo a las actividades de mantenimiento del mismo. • Notifica al Supervisor de Producción cualquier anomalía en los procesos de fabricación y restauración de tarimas. 		

Continuación de la tabla XXXV.

Requisitos: <ul style="list-style-type: none"> • Grado académico: de tercero básico a diversificado. • Estado civil: indiferente. • Edad comprendida: entre los 18 a 35 años. • Experiencia: mínima de 1 año. 	
Elaboró: Carlos Eduardo López Enriquez.	Revisó:

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Descriptor de puesto Operador de Montacargas**

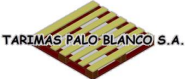
 <p>TARIMAS PALO-BLANCO S.A.</p>	Operador de Montacargas	Fecha de Elaboración: 00/00/00 Fecha de Revisión: 00/00/00
Planta: Producción y Restauración de Tarimas. Reporta a: Supervisor de Producción. Le reportan: ninguno.		
Objetivo del puesto: Ejecutar el estibado de tarimas y mantenimiento de montacargas.		
Responsabilidades: <ul style="list-style-type: none"> • Verifica las condiciones del montacargas y brinda apoyo a las actividades de mantenimiento del mismo. • Ejecuta el estibado de tarimas. 		
Requisitos: <ul style="list-style-type: none"> • Grado académico: de tercero básico a diversificado. • Estado civil: indiferente. • Edad comprendida: entre los 18 a 35 años. • Experiencia: mínima de 1 año. • Licencia: tipo E 		
Elaboró: Carlos Eduardo López Enriquez.	Revisó:	

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Manejo de materiales

A continuación se presenta de forma esquemática, el proceso de producción y restauración de tarimas:

Tabla XXXVII. Procedimiento general para el manejo de materiales

		Nombre: FICHA DE PROCESO			Código: FP-PGMM-01	
Elaborado por:	Aprobado por:	Fecha de aprobación:	Fecha de vigencia:	Página: 137 de 230	Versión: 1	

PROCESO: Manejo de Materiales

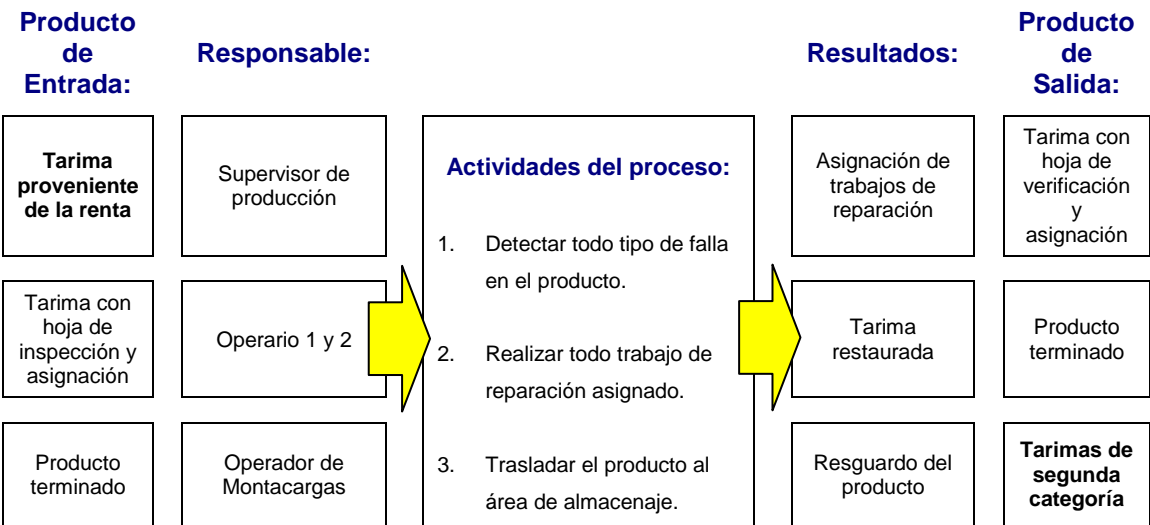
PROPÓSITO: Orientar a todo colaborador en los procesos de producción y restauración de tarimas

LÍDER: Supervisor de Producción

INDICADORES DEL PROCESO

% de Eficacia:

$$\frac{\text{Tarimas terminadas}}{\text{Tarimas programadas}} \times 100$$



PROCESOS INTERRELACIONADOS

Corte, Pulido y Ensamble.

Continuación de la tabla XXXVII.

RECURSOS NECESARIOS PARA LA OPERACIÓN DEL PROCESO		
RECURSO HUMANO	INFRAESTRUCTURA (EDIFICIOS, EQUIPOS, SERVICIOS ASOCIADOS Y DE APOYO)	DOCUMENTOS DEL PROCESO
<ul style="list-style-type: none"> • Supervisor de producción • Operarios • Montacarguista 	<ul style="list-style-type: none"> • Planta de producción de tarimas. • Maquinaria de generación y suministro de aire comprimido. • Maquinaria de corte. • Herramientas de inspección y operación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de verificación. • Ficha de asignación.

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.1. Guía de verificación

El siguiente formato de verificación debe aplicarse a cada tarima proveniente de la renta, ayudando así a definir toda operación de restauración necesaria.

Tabla XXXVIII. Hoja de verificación de tarimas

	HOJA DE VERIFICACIÓN	No. Reg.
---	-----------------------------	----------

PROCEDENCIA:							
TIPO DE TARIMA:					FECHA:		
MODELO:					ANALISTA:		
FALLAS PRINCIPALES	PLATAFORMA SUPERIOR		PLATAFORMA MEDIA		PLATAFORMA INFERIOR		TRABAJOS A EFECTUARSE
	No. de piezas	Medida [pulg.]	No. de piezas	Medida [pulg.]	No. de piezas	Medida [pulg.]	
Grietas							Reposición de pieza y ensamble
Plagas							Reposición de pieza y ensamble

Continuación de la tabla XXXVIII.

FALLAS PRINCIPALES	PLATAFORMA SUPERIOR		PLATAFORMA MEDIA		PLATAFORMA INFERIOR		TRABAJOS A EFECTUARSE
	No. de piezas	Medida [pulg.]	No. de piezas	Medida [pulg.]	No. de piezas	Medida [pulg.]	
Déficit de piezas							Reposición de pieza y ensamble
Alabeo							Reposición de pieza y ensamble
Pudrición							Reposición de pieza y ensamble
Piezas flojas							Adherencia por clavado
Enmohecimiento							Lijado y secado
Manchas/inconsistencias							Lijado
Déficit de pintura							Aplicación de pintura en superficies

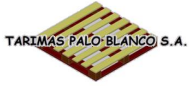
OBSERVACIONES:

	Firma y Sello

Fuente: elaboración propia.

La siguiente ficha de asignación, otorga el compromiso de trabajo requerido para el cumplimiento de la demanda de tarimas, justo a tiempo.

Tabla XXXIX. **Ficha de asignación de operaciones**


		FICHA DE ASIGNACIÓN			No. Reg.:
DESTINO:			FECHA DE ASIGNACIÓN:		
TIPO DE TARIMA:			FECHA DE ENTREGA:		
MODELO:		CANTIDAD:		ENCARGADO:	
OBSERVACIONES:					

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.2. Guía de selección

La siguiente tabla detalla cada una de las fallas que puede llegar a presentar cada tarima, al momento de ser inspeccionadas, en un formato ilustrativo que ayuda a agilizar el proceso de inspección y asignación de cada una de las operaciones necesarias para su restauración.

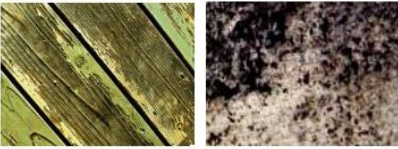

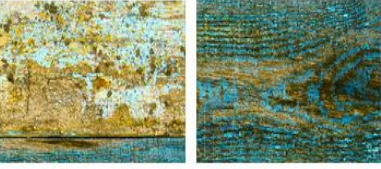
Tabla XL. **Fallas principales en tarimas**

Fallas Principales	Definición	Causas	Solución
<p>Grietas</p> 	Rupturas de la madera en la dirección longitudinal del grano.	Debidas a los esfuerzos de tensión y compresión por su secado.	Reposición de pieza y ensamble

Continuación de la tabla XL.

Fallas Principales	Definición	Causas	Solución
<p style="text-align: center;">Plagas</p> 	<p>Insectos que se nutren de la madera causando daños irreversibles</p>	<p>Presencia de humedad</p>	<p style="text-align: center;">Reposición de pieza y ensamble</p>
<p style="text-align: center;">Déficit de piezas</p> 	<p>Piezas de madera, que en su momento se caen o son desechadas.</p>	<p>Debido a la fragmentación ocasionada por cargas excesivas y a la mala manipulación ó transporte por montacargas.</p>	<p style="text-align: center;">Reposición de pieza y ensamble</p>
<p style="text-align: center;">Alabeo</p> 	<p>Deformación en la madera, que representa un encorvamiento con tendencia a la ruptura.</p>	<p>Surge de los efectos del secado y de las temperaturas del entorno.</p>	<p style="text-align: center;">Reposición de pieza y ensamble</p>
<p style="text-align: center;">Pudrición</p> 	<p>Descomposición de los componentes químicos de la madera.</p>	<p>Debida a la acción de hongos y humedad.</p>	<p style="text-align: center;">Reposición de pieza y ensamble</p>
<p style="text-align: center;">Piezas flojas</p> 	<p>Falta de adherencia a la estructura principal.</p>	<p>Surge debido a un mal clavado, golpes y tensiones generadas por las cargas.</p>	<p style="text-align: center;">Adherencia por clavado</p>

Continuación de la tabla XL.

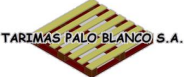
Fallas Principales	Definición	Causas	Solución
<p data-bbox="318 470 488 491">Enmohecimiento</p> 	<p data-bbox="646 470 821 680">Enfermedad que se caracteriza por una serie de erupciones de aspecto blanquecino.</p>	<p data-bbox="855 491 995 659">Causada por hongos que se desarrollan en ambientes húmedos.</p>	<p data-bbox="1110 562 1273 583">Lijado y secado</p>
<p data-bbox="272 701 531 722">Manchas/inconsistencias</p> 	<p data-bbox="646 743 805 995">Marcas de suciedad ó material impregnado que generalmente tiene poca uniformidad.</p>	<p data-bbox="855 714 1024 1029">Comúnmente desarrolladas por la humedad, derrame de líquidos ó la impregnación de materiales provenientes de mercancías.</p>	<p data-bbox="1159 856 1224 877">Lijado</p>
<p data-bbox="318 1087 488 1108">Déficit de pintura</p> 	<p data-bbox="646 1100 821 1310">Carencia ó desprendimiento de pintura que afecta la preservación de la madera.</p>	<p data-bbox="855 1062 1024 1350">Generalmente se debe a una mala aplicación de pintura y en ocasiones por no ser parte de los requisitos del cliente anterior.</p>	<p data-bbox="1068 1171 1321 1234">Aplicación de pintura en superficies</p>

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.3. Guía de almacenamiento


La siguiente guía detalla cada uno de los pasos necesarios para el proceso de almacenaje y carga de tarimas, con la finalidad de evitar que el producto se dañe o altere al momento de su manipulación o traslado.

Tabla XLI. **Guía de almacenamiento para el producto terminado**

	ALMACENAMIENTO DE TARIMAS	Rev,;
Dirigido a: Supervisor de Producción, Operarios y Montacarguista.		
Alcance: Área de almacenaje destinado para mantener por determinado tiempo antes de su distribución, tarimas de segunda categoría.		
Objetivo: Resguardar el producto de las condiciones del ambiente y de trabajo, durante el tiempo que este permanezca dentro de la empresa.		
<p>PASO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> Definir ubicación del producto en el área de almacenaje, de tal manera que se encuentre separado de las paredes y columnas a una distancia mínima de 0,50 metros y de las vigas del techo de por lo menos 1,00 metros, con la finalidad de facilitar las operaciones de estibado y limpieza. <p>PASO 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Limpiar área de ubicación temporal. <p>PASO 3</p> <ul style="list-style-type: none"> Colocar el producto en el área escogida, de acuerdo a un mismo tipo o modelo, sin exceder de un máximo de 18 tarimas por apilada. <p>PASO 4</p> <ul style="list-style-type: none"> Colocar etiqueta adhesiva de identificación y de garantía del producto. 		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Etiqueta adhesiva para producto terminado**

	GARANTÍA		Reg.:
Tipo de tarima:		No. de tarimas:	
Modelo:			
Fecha de salida:			
Destino:			

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Pulido

El lijado o pulido de cada pieza de madera, debe ser un proceso previo a la aplicación de pintura requerida por el cliente, mejorando la superficie de contacto mediante hojas de diferente granulometría (grano 80, 100 y 120 para madera), que permiten el desbaste, la uniformidad y la eliminación de sustancias incrustadas sobre el producto. El trabajo efectuado durante este proceso, es exclusivo de la lijadora eléctrica de banda DeWalt DWP362.

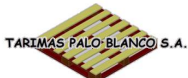
4.1.3. Ensamble

En el proceso de ensamble se deben utilizar clavos de 1 ½ pulgada de largo y contramoldes que sirvan de gran ayuda para la agilización de los procesos de fabricación y restauración de tarimas.

4.1.4. Registro y representación de tiempo de producción

La siguiente tabla permite establecer el tiempo necesario para la realización de cada actividad o proceso dentro de la planta, pudiendo obtener mejoras en el sistema debido a modificaciones considerables.

Tabla XLIII. Registro de tiempos cronometrados

		HOJA DE OBSERVACIONES TIEMPOS CRONOMETRADOS									
PLANTA DE PRODUCCIÓN Y RESTAURACIÓN DE TARIMAS											
FECHA:							ESTUDIO No.:				
OBSERVADOR:											
ELEMENTOS	CICLOS					TOTAL	PROMEDIO	CALIF.	PROM.(1+CALIF.)		Tn(1+SUPL.)
	1	2	3	4	5				Tn	SUPL.	
INSPECCIÓN								0,06		0,14	
CORTE								0,06		0,14	

Continuación de la tabla XLIII.

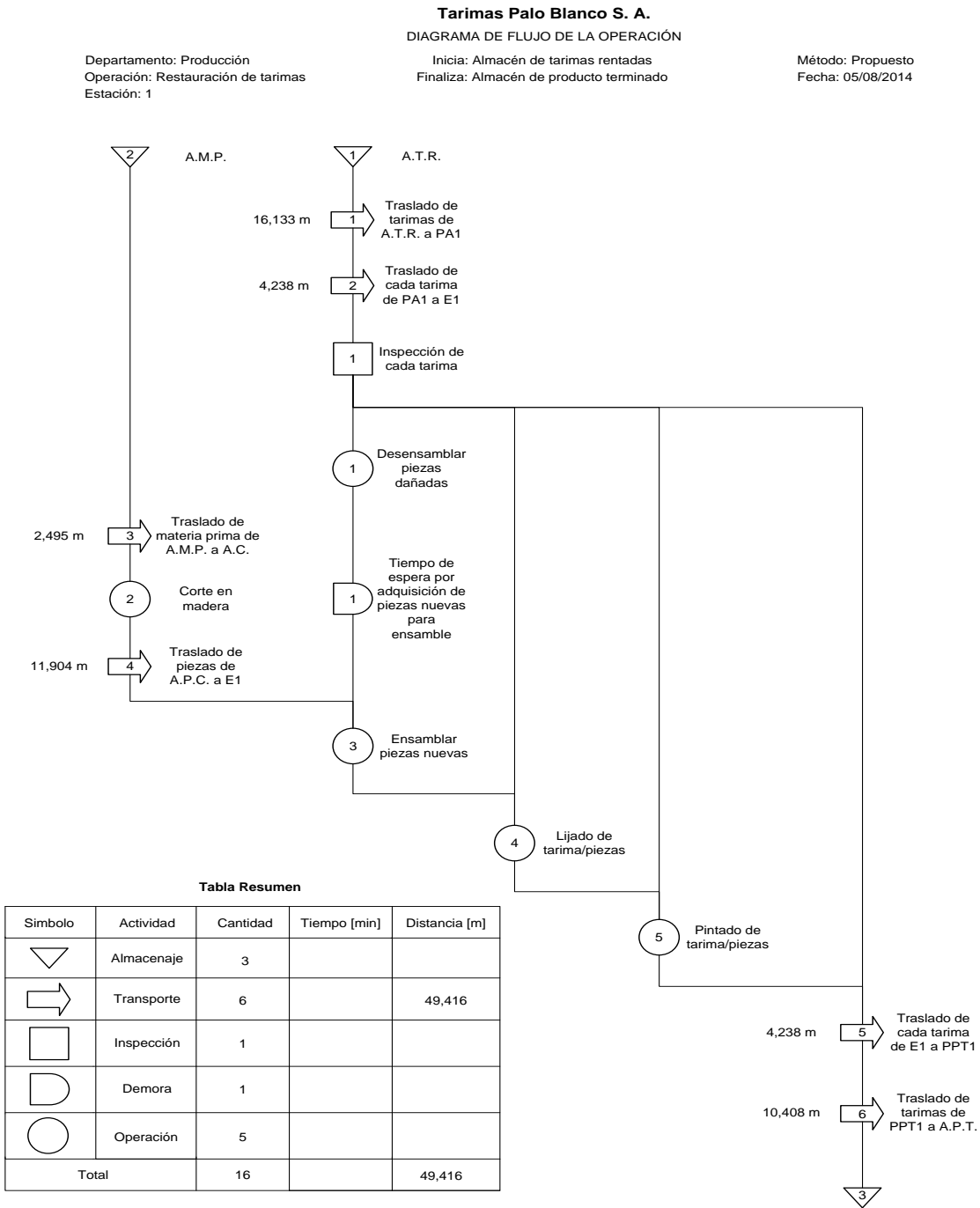
ELEMENTOS	CICLOS					TOTAL	PROMEDIO	CALIF.	PROM.(1+CALIF.)	SUPL.	Tn(1+SUPL.)
	1	2	3	4	5				Tn		TE
PULIDO								0,06		0,14	
ENSAMBLE								0,06		0,14	
PINTURA								0,06		0,14	
ALMACENAJE								0,06		0,14	

Fuente: elaboración propia, a partir de datos de anexo II.

4.1.5. Diagramas de flujo de proceso

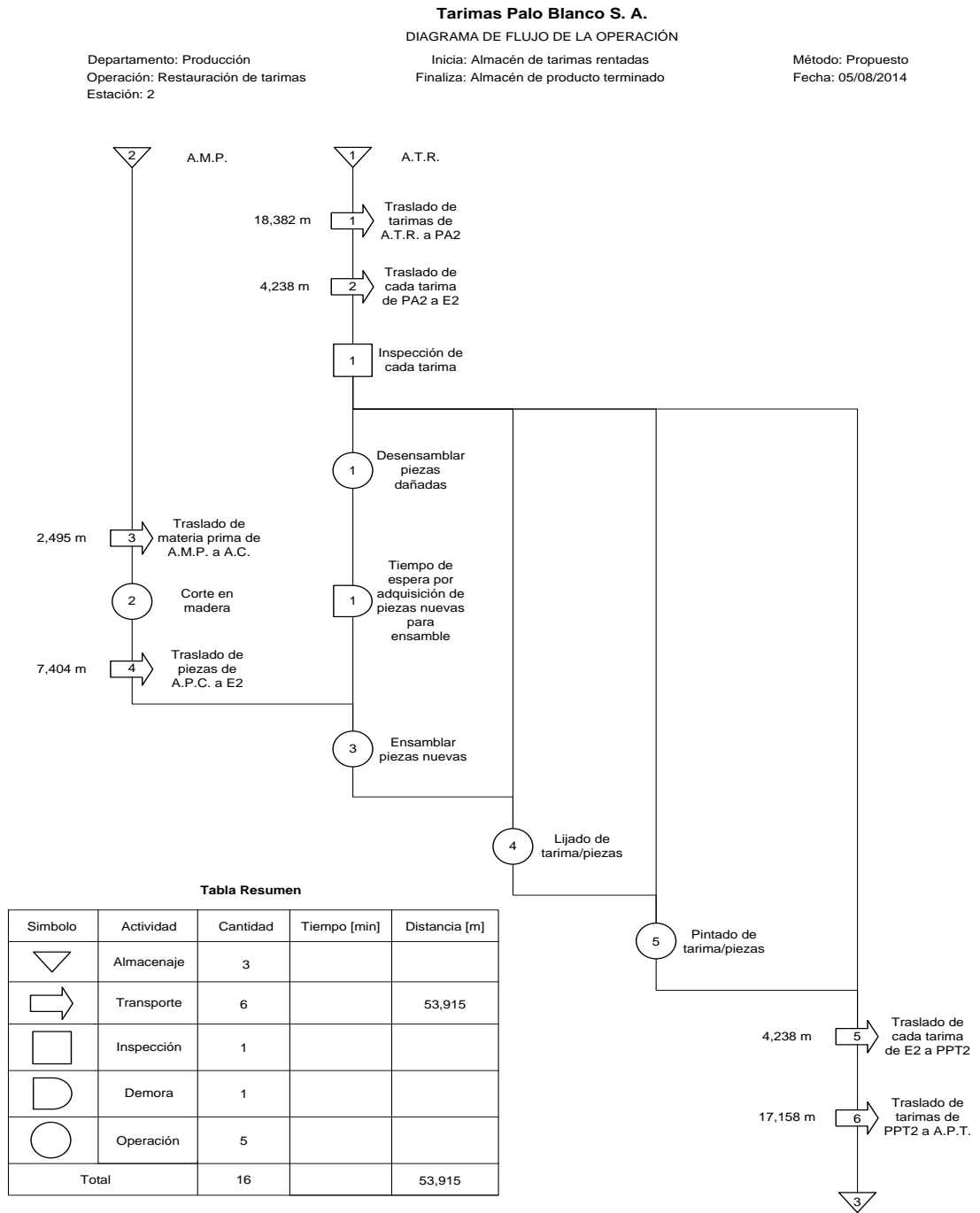
Los siguientes diagramas de flujo muestran el detalle de las operaciones o actividades a desarrollar en la nueva planta de producción.

Figura 80. Diagrama de flujo del proceso estación-1



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

Figura 81. Diagrama de flujo del proceso estación-2

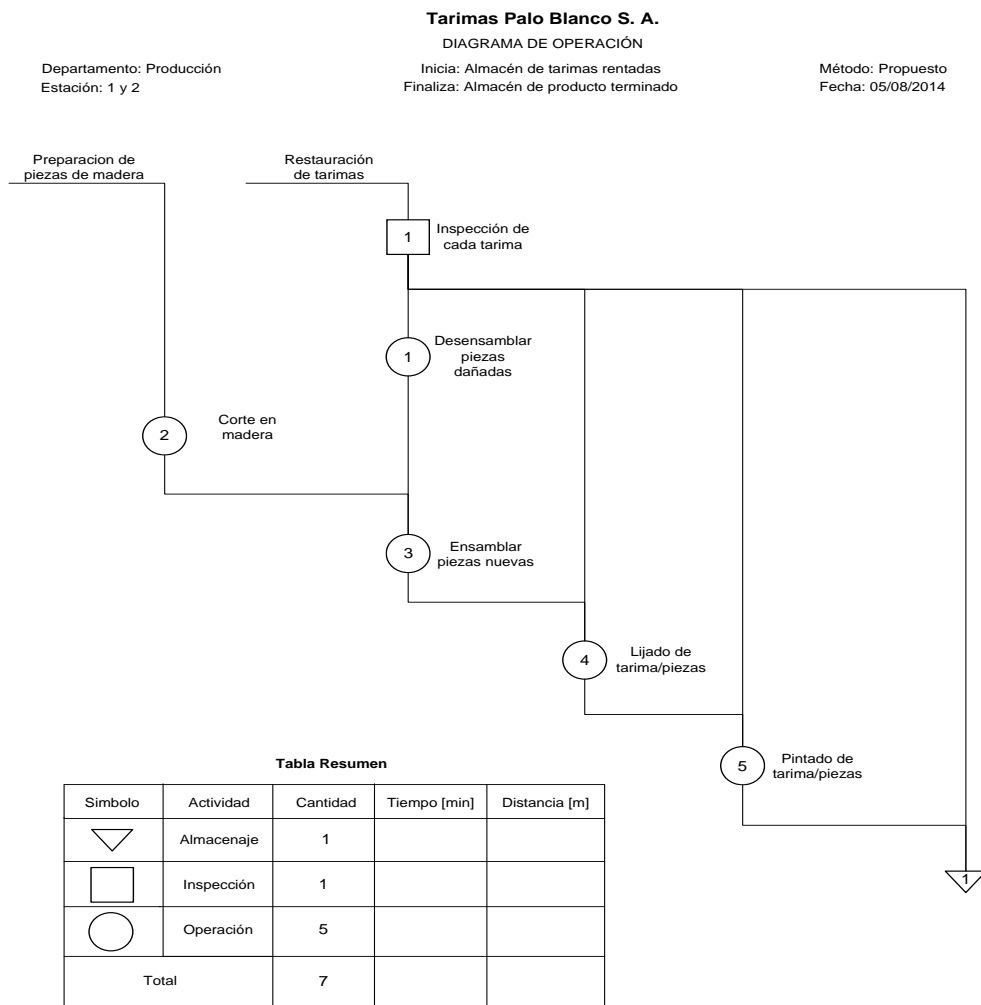


Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

4.1.6. Diagramas de operaciones

La siguiente representación gráfica, muestra específicamente la secuencia de toda actividad que constituye el proceso de producción y restauración de tarimas, identificando mediante símbolos cada una de ellas de acuerdo a su naturaleza.

Figura 82. Diagrama de operaciones estación 1 y 2

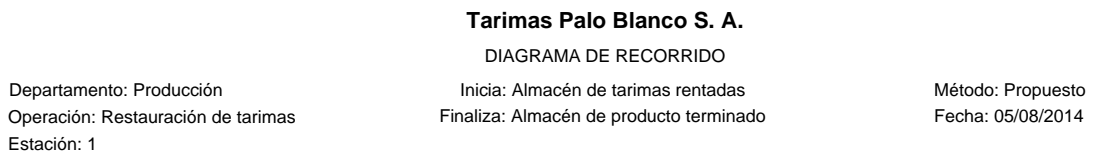


Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

4.1.7. Diagramas de recorrido

Los siguientes diagramas muestran la trayectoria generada al momento de desarrollar toda actividad de producción o restauración de tarimas.

Figura 83. Diagrama de recorrido estación-1



Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

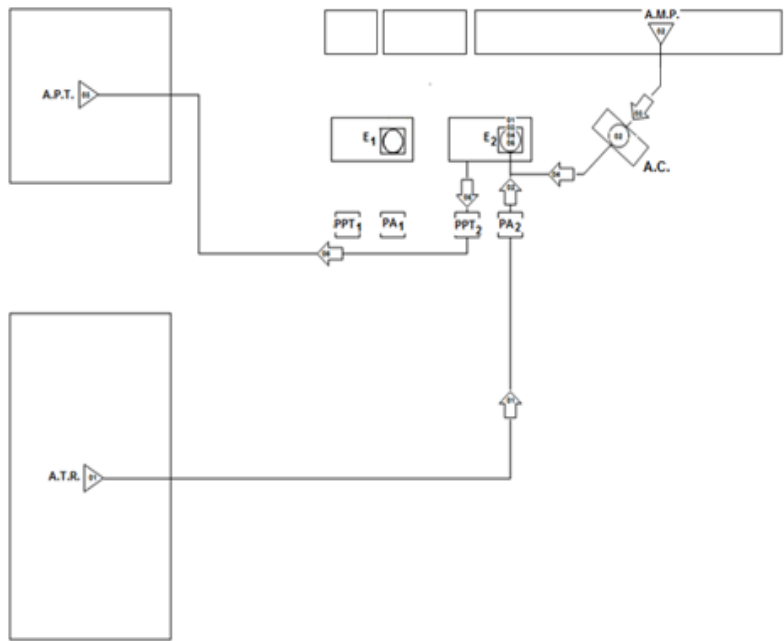
Figura 84. Diagrama de recorrido estación-2

Tarimas Palo Blanco S. A.
DIAGRAMA DE RECORRIDO

Departamento: Producción
Operación: Restauración de tarimas
Estación: 2

Inicia: Almacén de tarimas rentadas
Finaliza: Almacén de producto terminado

Método: Propuesto
Fecha: 05/08/2014

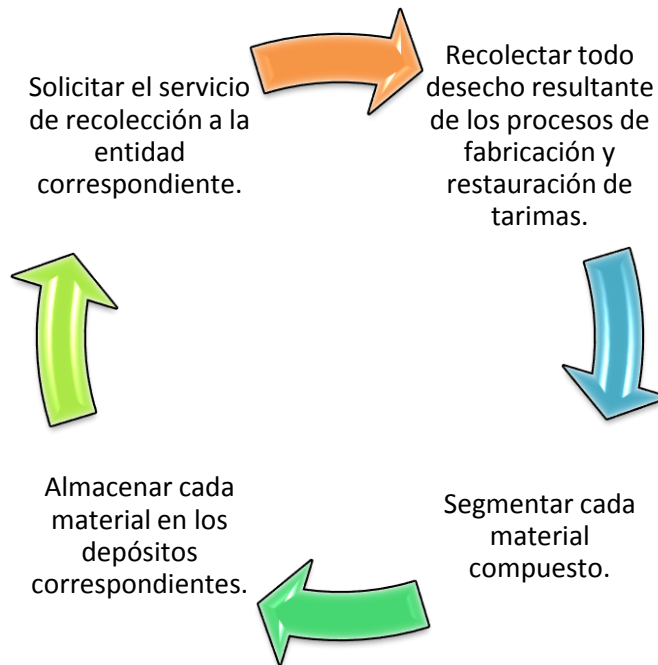


Fuente: elaboración propia, empleando Visio.

4.2. Procedimientos para productos de desecho

A continuación se presenta el procedimiento para todo material de desecho resultante de la nueva planta de producción.

Figura 85. **Proceso para manejo de desechos**



Fuente: elaboración propia.

4.3. **Matriz de inspección de condiciones de edificio**

Las actividades de inspección tendrán el objetivo de determinar cualquier condición insegura en los centros de trabajo o áreas de la planta, que se generan debido al constante cambio de producción por la demanda de tarimas de diferente índole, la creación de nuevos procesos y la adquisición de nueva maquinaria y equipo.

A continuación, se presenta un formato definido para el registro diario e interpretación de datos sobre estas condiciones.

Figura 86. **Lista de verificación de las condiciones del edificio**

No. Reg.: _____

LISTA DE VERIFICACIÓN

Se deberá verificar cada elemento al inicio de cada turno, marcando con una "X" la casilla correspondiente.

Observador: _____

Fecha: _____

		Condición segura	Condición insegura
Maquinaria y equipo	Cascos de seguridad		
	Gafas de seguridad		
	Guantes industriales		
	Extintores		
	Sierra de mesa		
	Lijadoras		
	Clavadoras		
	Flexómetros		
	Mesas de trabajo		
Sistema eléctrico y de iluminación	Conductores eléctricos		
	Tomacorrientes		
	Interruptores		
	Lámparas y luminarias		
Techo	Cubierta		
	Estructura		
Cimientos	Muro perimetral		
	Losa de cimentación		
Montacargas	Llantas		
	mástil		
	Cuchillas		
	Respaldo para cargas		
	Protección superior al asiento del conductor		
	Conexión de batería		
	Cobertor de batería		
	Cinturón de seguridad		
	Claxon		
	Luces		
	Instrumentación		
	Frenos		

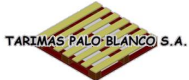
Fuente: elaboración propia.

Después de haberse ejecutado la inspección y el registro de datos, se deberá realizar el seguimiento respectivo inmediato de las falencias encontradas mediante acciones correctivas pertinentes, generando así un control sobre cada uno de estos elementos.

4.4. Informe de inspección de montacargas

El siguiente formato, deberá ser presentado de manera periódica por el Jefe de Producción a Gerencia General como resultado de las evaluaciones e intervenciones realizadas al montacargas, a partir de la implementación de este proyecto.

Tabla XLIV. Informe de inspección de montacargas

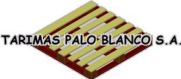
	INFORME MENSUAL DE INTERVENCIONES EFECTUADAS POR CONDICIONES INSEGURAS DE MONTACARGAS									
Elaboró:	Fecha de realización:									
Trabajos a efectuarse	Importe	INDICADORES								
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Cumplimiento del programa</td> <td style="text-align: center;">Meta</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">100 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> $\frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$ </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Resultado:</td> <td></td> </tr> </table>	Cumplimiento del programa	Meta		100 %	$\frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$		Resultado:	
Cumplimiento del programa	Meta									
	100 %									
$\frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$										
Resultado:										
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Cobertura</td> <td style="text-align: center;">Meta</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">100 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> $\frac{\text{Condiciones inseguras intervenidas}}{\text{Condiciones inseguras reportadas}} \times 100$ </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Resultado:</td> <td></td> </tr> </table>	Cobertura	Meta		100 %	$\frac{\text{Condiciones inseguras intervenidas}}{\text{Condiciones inseguras reportadas}} \times 100$		Resultado:	
Cobertura	Meta									
	100 %									
$\frac{\text{Condiciones inseguras intervenidas}}{\text{Condiciones inseguras reportadas}} \times 100$										
Resultado:										
TOTAL		Resultado:								
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:										
		Firma y sello								

Fuente: elaboración propia.

4.5. Informe de inspección de condiciones inseguras

El siguiente formato servirá para presentar los resultados obtenidos de las intervenciones efectuadas por las condiciones inseguras generadas en el ambiente de trabajo, además del detalle del costo total y el importe de cada una de las actividades a realizar.

Tabla XLV. Informe de inspección de condiciones inseguras

 TARIMAS PALO BLANCO S.A.	INFORME MENSUAL DE INTERVENCIONES EFECTUADAS POR CONDICIONES INSEGURAS		
Elaboró:		Fecha de realización:	
Trabajos a efectuarse	Importe	INDICADORES	
		Cumplimiento del programa	Meta 100 %
		$\frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$	
		Resultado:	
		Cobertura	Meta 100 %
		$\frac{\text{Condiciones inseguras intervenidas}}{\text{Condiciones inseguras reportadas}} \times 100$	
		Resultado:	
TOTAL		Resultado:	
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:			
			Firma y sello

Fuente: elaboración propia.

4.6. Procedimientos para la implementación del montaje

- Fase 1: conceptualización y personal a cargo

Antes de iniciar todo proyecto es indispensable conocer el enfoque que este deba tener, la maquinaria a utilizar y la infraestructura que resguardará todo proceso necesario para el cual fue diseñado. Como es de saber, estos factores ya se encuentran definidos en los apartados anteriores, por lo que su desarrollo dependerá única y exclusivamente del inversionista.

Se empieza con la búsqueda de la persona encargada de desarrollar paralelamente este proyecto y la mano de obra que los procesos de infraestructura ameriten.

- Fase 2: recursos técnicos

Posterior al claro concepto y definición del personal idóneo para la implementación de este proyecto, es conveniente realizar la compra de todo material, maquinaria y equipo antes sugerido.

- Fase 3: control de actividades

Se deberá tener bajo control toda actividad a desarrollar para el montaje de la nueva planta de producción, cumpliendo así con los objetivos de este proyecto y de la empresa.

5. SEGURIDAD INDUSTRIAL

5.1. Equipo de protección personal

Para la prevención de accidentes y enfermedades laborales se plantea la siguiente propuesta de equipo de protección personal (EPP), medios visuales de señalización y lineamientos necesarios para el control y desarrollo.

5.1.1. Protección visual

Para garantizar la salud visual de los trabajadores, se deberá proporcionar a cada uno de ellos caretas o protectores faciales con visor de policarbonato, para reducir el daño ocular por cualquier partícula de polvo generada en los procesos de fabricación o restauración de tarimas.

Figura 87. **Protector facial con visor de policarbonato**



Fuente: Buy & Sales. *Catálogo de la empresa*. http://articulos-de-seguridad-industrial.com/jus/upload/files/images/protectores_faciales.jpg. Consulta: 27 de julio de 2015.

Los protectores faciales gracias a su diseño especial, son mucho más cómodos que otros dispositivos de protección visual, permiten utilizarse sobre cascos y mascarillas industriales, no se empañan fácilmente por el sudor y pueden tener repuestos de visor que resultan ser económicos.

5.1.2. Protección respiratoria

En el interior de la planta existirán partículas de madera o polvo, las cuales pueden ocasionar problemas respiratorios en los trabajadores, por inhalación de las mismas. Se sugiere el uso diario de mascarillas desechables para la protección respiratoria.

Figura 88. **Mascarilla de protección respiratoria**



Fuente: AMIG. *Catálogo de la empresa.*

http://www.amig.es/datos/fotos/2606/mascarilla_higienica_no_epi_14400.gran.jpg. Consulta: 27 de julio de 2015.

El diseño de este tipo de mascarilla es muy comercial, lo cual garantiza la adquisición de las mismas en cualquier momento.

5.1.3. Protección lumbar

Con el fin de reducir y eliminar las lesiones en la zona lumbar, debido a las acciones necesarias para el traslado de tarimas, se deberán proporcionar al trabajador fajas de protección las cuales disminuyan la contracción de los músculos de la espalda o aumenten la rigidez de los segmentos de la columna vertebral, al realizar este trabajo.

Figura 89. Fajas de protección lumbar



Fuente: Seguridad Industrial Norte. *Catálogo de la empresa.*

http://www.seguridadindnorte.com.ar/product_images/n/923/jyr890__88962_zoom.jpg. Consulta:
27 de julio de 2015.

5.1.4. Protección al tacto

Se recomienda el uso de guantes de cuero con refuerzos en los dedos para que no se destruyan muy rápidamente al momento de manipular o trasladar cada unidad en pieza o tarima de madera. Su uso reducirá las lesiones debido al contacto directo con superficies toscas o irregulares.

Figura 90. **Guantes industriales**



Fuente: Imgarcade. *Catálogo de la empresa*. <http://imgarcade.com/1/lined-leather-work-gloves>.
Consulta: 27 de julio de 2015.

5.1.5. Ropa de trabajo

Por el tipo de trabajo es suficiente con la indumentaria de cada trabajador e indispensable el uso de calzado industrial o botas con punta de acero como medida de protección a las extremidades inferiores.

5.1.6. Protección para la cabeza

El uso de cascos de seguridad evitará accidentes y lesiones en la zona craneal de cada trabajador.

Figura 91. **Casco industrial**



Fuente: Andina. *Catálogo de la empresa*. <http://www.andinasj.com.ar/cascos.html>. Consulta: 28
de julio de 2015.

5.2. Equipo de protección contra incendios

Como es de notar, la nueva planta de producción y restauración de tarimas, es vulnerable a la concepción de incendios debido a la presencia de componentes altamente inflamables, por lo que se recomienda la instalación de extintores en áreas de fácil acceso, para prevenir cualquier percance de esta magnitud.

Tabla XLVI. **Equipo de protección contra incendios**

Tipo de extintor		
Extintores de polvos químicos	Agente extintor Fosfato monoamónico	Aplicación según origen de la llama
<p>Dispositivo de varios elementos que facilita el combate de incendios incipientes, cuando se expulsa su contenido hacia el fuego, compuesto de sales metálicas finalmente pulverizadas.</p>		 <p>A Combustibles ordinarios que producen brasa, tales como: madera, papel, textiles, plásticos.</p>
		 <p>B Líquidos combustibles e inflamables, tales como: aceite, gasolina, grasa, derivados del petróleo.</p>
		 <p>C Equipo eléctrico: gabinetes, energizados, motores, transformadores.</p>







Fuente: elaboración propia.

Se recomienda cuidar las fechas de vencimiento de la carga de los extintores para su revisión, pues con el tiempo pierden presión y puede ser que no funcionen en una emergencia.

5.3. Señalización

En la lucha por la erradicación de accidentes laborales se deberá reforzar el uso indispensable del equipo de seguridad industrial anterior, mediante normas y medios de señalización, como métodos de comunicación visual, simples y rápidos de comprender.

Tabla XLVII. **Uso obligatorio de EPP para cada área o actividad**

Condición	Área/Actividad	Símbolo
Uso obligatorio de casco de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> Almacén de producto terminado. Almacén de tarima rentada. Proceso de carga y descarga de tarimas. 	
Uso obligatorio de protección facial	<ul style="list-style-type: none"> Proceso de pintado. Proceso de lijado. Área de corte. 	
Uso obligatorio de calzado industrial	<ul style="list-style-type: none"> En planta. 	
Uso obligatorio de mascarilla	<ul style="list-style-type: none"> Proceso de pintado. Proceso de Lijado. Área de corte. 	
Uso obligatorio de guantes industriales	<ul style="list-style-type: none"> Manipulación o transporte de tarimas. 	
Uso obligatorio de protección lumbar	<ul style="list-style-type: none"> Transporte, carga y descarga de tarimas. 	

Fuente: elaboración propia.

La utilización de una pizarra informativa garantizará la comprensión y adaptación de los trabajadores a una cultura organizacional que permita un ambiente laboral seguro y altamente eficaz.

5.4. Normas de seguridad

Las siguientes normas de seguridad son un conjunto de lineamientos destinados a proteger la salud y la integridad física de los trabajadores, las actividades de producción y algunos aspectos del entorno.

- **Generales**
 - Mantener la limpieza y el orden en el lugar de trabajo.
 - Está totalmente prohibido ingresar a la organización en estado de ebriedad.
 - Se prohíbe estrictamente la introducción, tenencia o consumo de bebidas alcohólicas, drogas, sustancias estupefacientes o psicotrópicas dentro de la planta.
 - Se prohíbe fumar dentro de las instalaciones.
 - Se prohíbe ejecutar toda operación sin la debida autorización.
 - No está permitido toda clase de riñas o peleas dentro de la planta.

- **Máquinas y herramientas**
 - Utilizar solo herramientas que estén en condiciones de uso.
 - Utilizar cada herramienta de trabajo para el cual fue diseñada.
 - Mantener las herramientas de trabajo en buen estado.
 - Almacenar cada herramienta y equipo de trabajo en su respectivo lugar.

- No realizar trabajos de reparación o mantenimiento a máquinas y equipos en movimiento.
- Mantener en perfectas condiciones de servicio los equipos usados en operaciones de levante y traslado de materiales.
- No utilizar el aire comprimido para otros fines que no sean los establecidos para la utilización de herramientas neumáticas.
- Materiales
 - Asegurar los materiales o producto terminado cuando este sea trasladado de una manera ordenada y con el equipo apropiado.
 - Las tarimas deben ser almacenadas dejando espacios adecuados que permitan el fácil acceso a la inspección rutinaria y en condiciones que garanticen la estabilidad de las mismas.
 - Los materiales o materia prima a utilizar deben estar en sus lugares respectivos evitando obstrucciones en áreas de trabajo, vías de acceso o escape según sea el caso.
- Montacargas
 - El montacargas debe ser conducido, exclusivamente por personas autorizadas por la empresa.
 - El operador de montacargas debe velar por el cuidado del vehículo, revisar con regularidad las condiciones del mismo y solicitar la inmediata corrección de cualquier desperfecto mecánico.
 - Se prohíbe llevar pasajeros en los montacargas.
 - Se prohíbe correr a más de diez kilómetros por hora con el montacargas.

- Se debe utilizar la bocina o claxon y rebajar la velocidad, en cruces o esquinas.
- Se debe bajar las cuchillas y colocarlas al suelo al terminar cada jornada.
- Se deberá dejar el montacargas donde no interfiera con el paso de otros vehículos o personas.

- Extintores
 - Se prohíbe el uso de equipos contra incendio para otros fines.
 - Se prohíbe el almacenamiento de todo material próximo a cada extintor que dificulte el acceso al mismo.
 - Se deberá notificar el uso de cualquier extintor, por pequeña cantidad de sustancia química que se haya usado.
 - Al producirse un conato de incendio se deberá atacar el fuego a favor del viento y prestar atención a la posible reignición.

- Equipo de protección personal
 - Utilizar el equipo de protección personal solicitado en toda área o tarea a realizar.
 - Es obligatorio el uso de botas industriales dentro de la planta.
 - Es obligatorio el uso de protección ocular, al momento de utilizar cualquier herramienta o equipo que desprenda partículas que sean un riesgo para la salud visual de los trabajadores.
 - Es obligatorio el uso de mascarillas al efectuar trabajos de corte y lijado en madera.

5.5. Mantenimiento

Con la finalidad de conservar en buen estado el equipo necesario para el transporte de tarimas y las condiciones óptimas del edificio, se sugiere la siguiente programación de actividades que reduzcan la degradación de estos bienes.

5.5.1. Montacargas

Las normas de OSHA exigen que el montacargas se examine la primera vez que se pone en servicio y todos los días que se emplea para saber si presenta fallas. Si el montacargas se emplea sin interrupción, se debe examinar al finalizar de cada turno.

Tabla XLVIII. Programa de mantenimiento para montacargas

Programa de actividades diarias / Mantenimiento de montacargas	
Responsables: Supervisor de Producción, Operario de montacargas	
<p>Elementos a Revisar</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión de llantas ✓ Cuchillas y mástil ✓ Respaldo de carga ✓ Accesorios ✓ Carrocería ✓ Aceite del motor ✓ Aceite hidráulico ✓ Radiador ✓ Nivel de combustible ✓ Conexiones de baterías ✓ Cobertores de batería ✓ Placas ✓ Cinturón de seguridad ✓ Motor ✓ Claxon ✓ Luces ✓ Instrumentación ✓ Palancas de control ✓ Frenos ✓ Alarma 	

Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Edificio

Es necesario mantener conservada la estructura, instalaciones, acabados y otros elementos que conforman la planta de producción, con la finalidad de prolongar su vida útil y evitar grandes costos por reparación. La siguiente tabla presenta las actividades necesarias para un óptimo funcionamiento.

Tabla XLIX. Programa de mantenimiento para edificio

Programa de actividades para el mantenimiento de edificios					
Inspecciones	Actividades	Mantenimiento			
		Diario	Mensual	Semestral	De 1 a 5 años
Área de Cimentación					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparición de humedades. ✓ Lesiones, grietas, desplomes, asentamientos, abombamiento y divisiones. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar reparaciones o tratamientos. 	X			
Muros en contacto con el terreno					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aberturas parciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar reparaciones o tratamientos. 				X
Suelos en contacto con el terreno					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estado de juntas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Efectuar reparaciones. 				X
Estructura					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparición de humedades. ✓ Desplomes, oxidaciones, grietas y fisuras en cualquier elemento. ✓ Piezas sueltas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar Reparaciones o tratamientos. 	X			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estado general de la estructura. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar Reparaciones o tratamientos. 				X

Continuación de la tabla XLIX.

Inspecciones	Actividades	Mantenimiento			
		Diario	Mensual	Semestral	De 1 a 5 años
Paredes					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aparición de humedades. ✓ Desplomes, fisuras y grietas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar tratamiento y reparaciones detalladas. 	X			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estado de pintura. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar tratamiento y reparaciones detalladas. 				X
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estado general de las paredes. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar tratamiento y reparaciones detalladas. 				X
Divisiones de interiores					
Barandilla de graderío					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Oxidación en los elementos metálicos. ✓ Elementos de fijación y anclaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ejecutar tratamiento y reparaciones detalladas. 	X			
Cubiertas					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estancamiento de agua. ✓ Aparición de vegetaciones. ✓ Aparición de goteras. ✓ Estado de Anclaje. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limpieza general, reparación y tratamiento. 	X			
Protección contra incendios					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Deterioro, rotura de los elementos de la red. ✓ Existencia de obstáculos en las vías de emergencia y evacuación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Consultar técnico. ✓ Generar orden y limpieza. 	X			
Extintores					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Accesibilidad, señalización y buen estado. ✓ Estado de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tratamiento y reparaciones por especialistas. 			X	
Revestimiento de acabados					
Pinturas interiores y exteriores					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desprendimientos. ✓ Aparición de humedades. ✓ Aparición de óxido en pinturas que protegen elementos metálicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tratamiento reparación o repintado. 		X		

Continuación de la tabla XLIX.

Inspecciones	Actividades	Mantenimiento			
		Diario	Mensual	Semestral	De 1 a 5 años
✓ Estado general de la pintura.	✓ Tratamiento reparación o repintado.				X
Saneamiento					
Redes horizontales y verticales (colectores, drenajes y suelos)					
✓ Atasco y malos olores. ✓ Aparición de humedades y fuga de agua.	✓ Limpieza y reparaciones.	X			
✓ Funcionamiento de desagües.	✓ Limpieza y reparaciones.			X	
✓ Elementos de anclaje y fijaciones. ✓ Funcionamiento de toda la red de drenaje y evacuación.	✓ Limpieza de canalizaciones. ✓ Reparación o sustitución de materiales deteriorados.				X
Evacuación de residuos					
Almacén de contenedores					
✓ Suciedad. ✓ Ubicación adecuada de cada contenedor. ✓ Roturas o deterioros. ✓ Estado del Suelo.	✓ Limpieza, reparación o sustitución.	X			
✓ Estado de los contenedores.	✓ Limpieza de contenedores.	X			
✓ Desinfección de contenedores y alrededores.	✓ Desinfección.			X	
✓ Estado general de limpieza.	✓ Limpieza general, paredes, techos.			X	
Estación de Carga					
✓ Suciedad. ✓ Obstrucciones.	✓ Limpieza y restauración.	X			
✓ Estado del suelo.	✓ Limpieza y restauración.	X			

Continuación de la tabla XLIX.

Inspecciones	Actividades	Mantenimiento			
		Diario	Mensual	Semestral	De 1 a 5 años
Electricidad					
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Inspecciones. ✓ Estado, aislamiento y caída de tensión de conductores. ✓ Desprendimientos o roturas de tomas de mecanismos eléctricos. ✓ Deterioros, roturas, suciedad de aparatos de iluminación. 	✓ Limpieza o sustitución.	X			
✓ Estado de los aparatos de iluminación.	✓ Limpieza o sustitución.		X		
Mobiliario					
✓ Roturas, grietas, estado general	✓ Reparación o sustitución.	X			
Abastecimiento de agua					
✓ Aparición de humedades y fugas de agua.	✓ Reparación o sustitución.	X			
✓ Grifos y llaves de corte.	✓ Reparación o sustitución.				X
✓ Estanqueidad y funcionamiento.	✓ Reparación o sustitución.				X

Fuente: elaboración propia.

5.6. Control de plagas

Como se podrá observar, la madera es el material más utilizado en la fabricación y restauración de tarimas, que requiere de un recubrimiento especial contra el ataque de plagas, por lo que se considera el tratamiento de la misma a través del uso de preservantes.

Los preservantes son productos químicos de efectividad comprobada, que se aplican a la madera para protegerla contra el ataque de hongos, insectos, bacterias, carcomas u otros organismos que subsisten de ella. Los preservantes más utilizados en el ámbito mundial son los productos Wolman (CCA-arseniato de cobre cromatado) y Weldwood (Pentac), gracias a su capacidad de fijación en la madera, a la facilidad de aplicación y a su efectividad. La durabilidad de la madera tratada con estos químicos alcanza los 20 años, dependiendo de su uso y de la cantidad de preservante aplicado.

- **Proceso de fijación**

Los preservantes se unen químicamente a la madera a través del rocío, formando una reacción de fijación y mezcla de compuestos insolubles. Visualmente este proceso de fijación se aprecia con un cambio de color del producto desde un tono anaranjado a un color verde característico en la madera tratada.


El proceso de fijación se cumple totalmente cuando se ha secado la madera. Sin embargo 48 horas después del proceso de impregnación, se logra el 90 % de la fijación, por lo que el producto no debe ser entregado para su uso antes de ese período.

5.7. Capacitación del personal

Es indispensable que a todos los colaboradores se les brinde toda formación necesaria para que estos tengan un adecuado conocimiento del sistema y de los lineamientos a seguir con la finalidad de obtener un flujo de trabajo efectivo, cómodo y seguro. Por lo tanto se deben realizar capacitaciones periódicas, evaluando el aprendizaje de los participantes a través test, pruebas

psicomotoras o evaluaciones del desempeño, relacionadas a la seguridad industrial.

Tabla L. Programa de capacitaciones

 Programa de capacitación de seguridad industrial										
Temas	Horario de Capacitaciones		Costo de materiales/ persona [Q]	Costo por alimentación/ persona [Q]	Personal a capacitar	Costo por insumos [Q]	Costo Hora hombre [Q]	Horas programadas de capacitación	Costo total horas hombre [Q]	Costo total de la capacitación [Q]
Uso de equipo de protección personal	Primer día de trabajo	7:00 - 8:00 AM	15,00	15,00	3	90,00	9,85	2	59,10	149,10
Uso de extintores		8:00-9:00 AM								
Señalización Industrial	Segundo día de trabajo	7:00 - 8:00 AM	15,00	15,00	3	90,00	9,85	1	29,55	119,55
Normas de seguridad	Tercer día de trabajo	7:00 - 8:00 AM	15,00	15,00	3	90,00	9,85	1	29,55	119,55
Mantenimiento de montacargas y edificio	Cuarto día de trabajo	7:00 - 8:00 AM	15,00	15,00	1	30,00	9,85	1	9,85	39,85
Control de plagas	Quinto día de trabajo	7:00 - 8:00 AM	15,00	15,00	3	90,00	9,85	1	29,55	119,55
Totales			75,00	75,00	13	390,00	49,25	6	157,60	547,60

Nota: El plan de capacitación está sujeto a cambios

Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el Ministerio de Trabajo y Previsión Social, en relación a salarios.

<http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/salariominimo.html>. Consulta: 15 de enero de 2015.

Cada capacitación debe constar de tres etapas:

- Procesos antes de la capacitación
 - Logística

- Reglamento de capacitación para todos los presentes
- Importancia de la capacitación
- Procesos durante la capacitación
 - Hojas de verificación
 - Presentación de los expositores
 - Desarrollo de la capacitación
- Procesos posteriores a la capacitación
 - Evaluaciones de conocimientos adquiridos
 - Entrega de diplomas de participación

5.8. Costos

A continuación, se presenta el detalle de los costos asociados al equipo de seguridad personal, control de plagas y mantenimiento general.

5.8.1. Equipo de seguridad e higiene

En la siguiente tabla se detallan los costos asociados para el equipo de seguridad industrial e higiene personal, de uso diario y recurrente por concepto de demostraciones de campo, correspondientes a cada una de las capacitaciones programadas para el uso correcto de extintores o debido a conatos de incendio.

Tabla LI. **Costos por equipo de seguridad industrial**

Equipo de Protección Personal	Precio unitario [Q]	Unidades requeridas	Importe [Q]	Renovación anual estimada	Costo por renovación [Q]
Caretas de protección facial Visor de policarbonato	116,25	3	348,75	3	1 046,25
Tapones auditivos reusables De látex con silicón Paquete de 2 unidades	13,72	2	26,00	6	156,00
Mascarilla de protección respiratoria Paquete de 50 unidades	52,25	2	104,50	12	1 254,00
Fajas de protección lumbar	88,00	1	88,00	1	88,00
Guantes industriales De cuero	75,00	3	225,00	2	450,00
Cascos industriales Color azul	45,00	1	45,00	-	-
Costo totales de EPP	390,22		837,25	-	2 994,25
Extintores					
Extintor ABC de fosfato monoamónico KIDDE Capacidad: 20 libras.	1 126,00	2	2 252,00	2	552,14
Costo total de extintores	1 126,00		2 252,00	-	552,14
Capacitaciones					
Capacitaciones de extintores Extintor ABC de fosfato monoamónico capacidad: 5 libras	478,00	2	956,00	-	-
Costo total de capacitaciones	478,00		956,00	-	-
		Total	4 045,25	-	3 546,39

Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionados por la empresa Productos del Aire.

Consulta: 16 mayo de 2015.

Se estima un costo por renovación de equipo de protección personal y carga de extintores de Q 295,53 mensuales. El servicio de carga por cada extintor es de Q 276,07 anuales.

5.8.2. Control de plagas

Tabla LII. Costos control de plagas

Proveedor	Preservante para madera	Precio/galón [Q]	Galones requeridos	Importe [Q]
Ferretería Petapa	Weldwood Pentac	167,00	3	501,00
			Total	501,00

Fuente: elaboración propia, a partir de datos proporcionados por el proveedor.

Los galones requeridos de preservante Pentac, dependerán del tiempo que tarde el producto terminado dentro de la planta. Se asume una cantidad necesaria de este químico de 3 galones al mes.

5.8.3. Mantenimiento

El costo por mantenimiento se prorratea entre el trabajo realizado de inspección, correspondiente a una hora laboral por colaborador asignado (Q 9,85 salario por hora) y el generado por todo trabajo de reparación, cuyo costo dependerá del tipo de trabajo a efectuarse y los materiales necesarios para su desarrollo.

CONCLUSIONES

1. Debido a la topografía y dimensiones del área destinada para el desarrollo de la nueva planta de producción, se diseñó una estructura económica principalmente de acero, para una cubierta a dos aguas.
2. Tomando en cuenta características técnicas, económicas, análisis de las necesidades de la empresa, información proporcionada por los proveedores y algunas publicaciones comerciales, se determinó un importe de Q 285 724,40 por concepto de maquinaria y equipo, para los procesos de fabricación y restauración de tarimas. El valor más importante de esta fase de inversión es debido al montacargas con un costo de Q 236 654,00.
3. Debido al flujo de distribución de materia prima y piezas de madera para el ensamble de tarimas, se considera conveniente realizar una distribución de maquinaria y equipo próxima a puestos fijos de trabajo la cual reducirá el despilfarro de tiempo por movimientos innecesarios.
4. Por las condiciones plásticas del terreno, se diseñó un sistema de zapatas aisladas de 40 cm de profundidad, cuyos cimientos serán a base de hormigón armado, para el sostén de la infraestructura de la nueva planta de producción.
5. Los procedimientos y guías para el desarrollo de las actividades de fabricación y restauración de tarimas, permitirán la conservación óptima

de la planta y los equipos de trabajo, reduciendo así, los costos asociados a mantenimientos deficientes.

6. El costo total del equipo de seguridad industrial asciende a los Q 4 045,25 valor que se considera insignificante comparado a los costos generados por accidentes laborales debido a la falta de estos equipos. Se estima un costo por renovación de equipo de protección personal y carga de extintores de Q 295,53 mensuales.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el mantenimiento programado de la infraestructura, maquinaria, equipo o herramienta, para garantizar un flujo de trabajo continuo.
2. Debido a que la empresa es pequeña y se encuentra en crecimiento, se sugiere realizar la adquisición del montacargas en una última fase de inversión, amortizando así, los demás costos asociados a la nueva planta de producción.
3. El equipo y las estaciones de trabajo, deben montarse específicamente en el área establecida, con el fin de evitar obstrucciones, accidentes o retrasos, en los procesos de fabricación y restauración de tarimas.
4. Contratar un ingeniero civil para el desarrollo del proyecto y personal con experiencia suficiente en el ámbito de la cimentación y estructuras.
5. Los procedimientos de fabricación y restauración de tarimas, deben ser evaluados constantemente, como medida de control y retroalimentación, a través de la búsqueda de sus falencias.
6. Fomentar el uso de equipos de protección personal y sus fines para la prevención de accidentes laborales, a través de capacitaciones periódicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVARO ENRIQUE, Méndez Gabriel. *Neumática*. Guatemala: Intecap, 2009. 126 p.
2. AROCHA RECINOS, Rodolfo René. *Análisis de riesgos y propuesta de mejora del sistema de generación y distribución de aire comprimido aplicado en la industria de la elaboración de premezclas para la nutrición animal*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011.
3. BARTUREN, Bernabé; PÉREZ, Pilar. *Guía de edificación ambiental sostenible*. 1a. ed. Vasco: IHOBE, 2009. 284 p.
4. ConstrSur. *Sistemas de distribución de aire comprimido*. <http://www.iluminatucasa.cl/>. Consulta: 22 de febrero de 2015.
5. CÓRDOBA, Rafael. *Conceptos básicos sobre el secado de la madera*. Costa Rica, 2005. 5 p.
6. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. Guatemala: McGraw-Hill, 2005. 458 p.
7. GIRÓN ARÉVALO, Francisco Alejandro. *Montaje de secador para el tratamiento térmico fitosanitario de embalajes de madera*. Trabajo

de graduación de Ing. Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006.

8. GONZÁLEZ, Francisco. *Metrología: con enfoque en metrología eléctrica*. Guatemala, 2011. 165 p.
9. Guatemala. *Código de Trabajo - Decreto No. 1441. Ministerio de Trabajo y Previsión Social de la República de Guatemala*. 227 p.
10. LASZLO, Carlos. *Manual de luminotecnica para interiores*. <http://laszlo.com.ar/>. Consulta: 12 de enero de 2015.
11. Ministerio de Trabajo y Previsión Social de Guatemala. *Acuerdo Gubernativo No. 470-2014, Salario mínimo*. 2015.
12. Parker. *Tecnología neumática industrial*. Brasil: Jacarei, 2003. 166 p.
13. PHILLIPS. *Catálogo de iluminación general*. <http://www.iluminatucasa.cl/>. Consulta: 13 de enero de 2015.
14. PONCE VARGAS, NITZA ANDREA. *La optimización de los recursos para el almacenamiento y manejo de materiales de la empresa Operadores Logísticos RANSA*. Trabajo de graduación de Inga. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009.
15. PORTILLO DARDÓN, JOSUÉ ISMAEL. *Mejoras al edificio de almacenaje e instalación de un puente grúa, para manejo de producto de la empresa comercializadora de tarimas, Bienes y Servicios Torres*.

Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011.

16. RAMÍREZ, Carlos; RODRÍGUEZ, Edson. *Rehabilitación del sistema eléctrico del rastro municipal de Poza Rica*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Electricista. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Poza Rica Tuxpan, 2001.
17. RODRÍGUEZ, Julián; LLANO, Cristian. *Guía para el diseño de instalaciones de iluminación interior utilizando DIALux*. Trabajo de graduación de Tecnólogo en Electricidad. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, 2012.
18. S. R., Majumdar. *Sistemas neumáticos: principios y fundamentos*. Pérez, José Hernán (trad.). Guatemala: McGraw-Hill, 1998. 299 p.
19. SOTO BETANCOURT, Cesar Rodrigo. *Modelo para optimizar La recolección de tarimas en una empresa arrendadora*. Trabajo de graduación de Maestro en Ciencias con Especialidad en Administración. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., 2008.
20. TORRES, Sergio Antonio. *Ingeniería de plantas*. Guatemala: Facultad de Ingeniería, USAC. 2009. 273 p.
21. URBINA SIERRA, Oscar Aroldo. *Diseño y propuesta para la reubicación de la planta de producción de la empresa maquiladora de cartón, Tarimas y Empaques S. A. (TAEMSA)*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007.

22. VISCARRA, Silvério. *Guía para el secado de madera en hornos*. Santa Cruz, Bolivia: Usaid, 1998. 64 p.

APÉNDICE

Apéndice 1 Muestras de cálculo análisis de riesgo económico

Concepto	Muestras de cálculo				Total	Fuente
Estimación consumo de energía eléctrica	1. Lijadora					EEGSA
	$1\,800\text{ W} \times \frac{1\text{ kW}}{1\,000\text{ W}} \times \frac{0,5\text{ horas}}{\text{dia}} \times \frac{30\text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{Q\,1,14}{\text{kWh}} \times 2 =$				$\frac{Q\,738,72}{\text{año}}$	
	2. Sierra de Mesa					
	$1\,800\text{ W} \times \frac{1\text{ kW}}{1\,000\text{ W}} \times \frac{0,5\text{ horas}}{\text{dia}} \times \frac{30\text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{Q\,1,14}{\text{kWh}} \times 1 =$				$\frac{Q\,369,36}{\text{año}}$	
	3. Lámparas Led					
$200\text{ W} \times \frac{1\text{ kW}}{1\,000\text{ W}} \times \frac{0,5\text{ horas}}{\text{dia}} \times \frac{30\text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{Q\,1,14}{\text{kWh}} \times 13 =$				$\frac{Q\,533,52}{\text{año}}$		
4. Compresor						
$7,5\text{ HP} \times \frac{745,7\text{ W}}{1\text{ HP}} \times \frac{1\text{ kW}}{1\,000\text{ W}} \times \frac{0,5\text{ horas}}{\text{dia}} \times \frac{30\text{ dias}}{\text{mes}} \times \frac{12\text{ meses}}{\text{año}} \times \frac{Q\,1,14}{\text{kWh}} \times 1 =$				$\frac{Q\,1\,147,63}{\text{año}}$		
Total					$\frac{Q\,2\,789,23}{\text{año}}$	
Nota:						
El consumo de energía eléctrica será variable según periodo de uso de cada herramienta/maquinaria y el precio cambiante de energía por kWh (se estima un periodo de uso de 0,5 horas/día).						
Estimación control de plagas	$\frac{Q\,501,00}{\text{Costo preservante}} \times \frac{12\text{ u.}}{\text{mes}} =$				$\frac{Q\,6\,012,00}{\text{Año}}$	Elaboración propia
Estimación mantenimiento de edificios	Descripción	Costo anual	Costo h/ MO anual	Sub-Total	$\frac{Q\,6\,950,48}{\text{año}}$	Elaboración propia
	Utensilios de limpieza	Q 360,00	Q 118,20	Q 478,20		
	Pintura de agua	Q 1 152,00	Q 118,20	Q 1 270,20		
	Pintura anticorrosiva	Q 696,00	Q 118,20	Q 814,20		
	Tapagoteras	Q 348,00	Q 118,20	Q 466,20		
	Iluminación	Q 3 803,48	Q 118,20	Q 3 921,68		

Continuación de apéndice 1.

	<p>Iluminación:</p> $\frac{1\ 800\ \text{horas}}{\text{lampara}} \times \frac{\text{dia}}{0,5\ \text{horas}} \times \frac{\text{mes}}{30\ \text{días}} \times \frac{\text{año}}{12\ \text{meses}} = \frac{10\ \text{años de vida util}}{\text{lampara}}$ $13\ \text{lamparas} \times \frac{Q\ 2\ 925,75}{\text{lampara}} \times \frac{\text{lampara}}{10\ \text{años de vida util}} = Q\ 3\ 803,48$					
Estimación mantenimiento de maquinaria y equipo	Descripción	Costo unitario	Unidades anuales	Sub-Total	Q 11 104,00 año	REMISA
	Consumo de gas	Q 98,00	48 tambos	Q 4 704,00		
	Repuestos	Q 3 000,00	0	Q 3 000,00		
	Mano de obra	Q 850,00	4 servicios	Q 3 400,00		
Renovación de equipo de protección personal	$\frac{Q\ 249,52}{\text{renovación}} \times \frac{12}{\text{meses}} =$			Q 6 012,00 año	Elaboración propia	
Estimación papelería y útiles	Descripción		Costo/anual		Q 2 740,00 año	Elaboración propia
	Hojas		Q 1 000,00			
	Tinta para impresora		Q 1 140,00			
	Lapiceros/ lápices/ otros		Q 600,00			
Estimación materia prima	Descripción	Costo unitario	Unidades anuales	Sub-Total	Q 62 336,00 año	Aceros de Guatemala/ Color-in/ Ferretería la Costeña.
	Madera	Q 72,00/ 12 pies	720	Q 51 840,00		
	Lija tipo faja, grano 80 y 120 para madera	Q 32,00	72 (2 tipos)	Q 2 304,00		
	Pintura	Q 179,00 / cubeta	18 (3 colores)	Q 3 222,00		
	Clavos electro soldados (300 u.)	Q 5 00,00	10	Q 5 000,00		
Estimación sueldos operativos	$\frac{Q\ 2\ 644,40}{\text{colaborador}} \times 3\ \text{colaboradores} \times 12\ \text{meses} =$			Q 95 198,40 año	Ministerio de Trabajo y Previsión Social	
Capacitaciones	$\frac{Q\ 547,60}{\text{seguridad industrial}} + \frac{Q\ 956,00}{\text{uso extintores}} =$			Q 1 503,60 año	Elaboración propia	

Continuación de apéndice 1.

Ingresos	Primer Año	$\frac{Q30,00}{\text{tarima}} \times \frac{600 \text{ tarimas}}{\text{mes}} \times 12 \text{ meses} =$	Q 216 000,00	Elaboración propia
	Segundo año	$Q 216 000,00 \times 0,05 \text{ anual} + Q 216 000,00 =$	Q 226800,00	
	Tercer año	$Q 226 800,00 \times 1,05 \text{ anual} =$	Q 238 140,00	
	Cuarto año	$Q 238 140,00 \times 1,05 \text{ anual} =$	Q 250 047,00	
	Quinto año	$Q 250 047,00 \times 1,05 \text{ anual} =$	Q 262 549,35	
	Nota: Se considera un ingreso anual del 5%			
Utilidad (primer año)	$Q 216 000,00 \text{ (Ingresos)} - Q 192 210,09 \text{ (Egresos)} =$	Q 23 789,91	Elaboración propia	
Depreciación maquinaria y equipo	$Q 49 070,40 \text{ (M. E.)} \times 0.2 \text{ (índice de depreciación)} =$	<u>Q 9 814,08</u> anual	Elaboración propia	
Depreciación edificios	$Q 76 273,62 \text{ (edificio)} \times 0.05 \text{ (índice de depreciación)} =$	<u>Q 3 813,68</u> anual	Elaboración propia	
Renta imponible (primer año)	$Q 23 789,91 \text{ (Utilidad)} - Q 13 627,76 \text{ (Depreciación)} =$	Q 10 162,15	Elaboración propia.	
ISR (primer año)	$Q 10162,15 \text{ (Renta imponible)} \times 0.05 =$ Nota: Datos tomados de régimen opcional simplificado sobre ingresos de actividades no lucrativas (impuesto 5% < Q 30,000.00 y 7% > Q 30,000.00)	Q 508,11	http://asesoria.contapuntual.net/?p=1178	
Flujo de caja (primer año)	$Q 9 654,04 \text{ (renta imponible - ISR)} + Q 13 627,76 \text{ (total depreciación)} =$	Q 23 281,80	Elaboración propia	
Cuotas préstamo	$A = 30 000,00 \left[\frac{0,15(1 + 0,15)^5}{(1 + 0,15)^5 - 1} \right] =$ Nota: Se consideró un préstamo de Q 30 000,00 con una tasa de interés del 15 % anual para un periodo de 5 años.	<u>Q 8 949,47</u> anual	Cooperativa UPA	

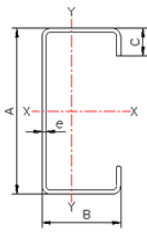
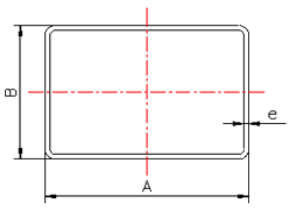
Continuación de apéndice 1.

	Año 0 - 5	Flujo de caja + Préstamo		
Flujo inversionista	Año 0	$-(Q\ 171\ 886,37) + Q\ 30\ 000,00 =$	$-(Q\ 141\ 886,37)$	Elaboración propia
	Año 1	$Q\ 23\ 281,80 + (-Q\ 8\ 949,47) =$	Q 14 332,34	
Flujo ingresos al año 0	Primer año	$Q\ 14\ 332,34 \left(\frac{1}{(1 + 0,05)^1} \right) =$	Q 13 649,84	Elaboración propia
VPI		$Q(13\ 649,84 + 22\ 305,97 + 30\ 549,91 + 38\ 401,27 + 45\ 878,76) =$	Q 150 785,76	Elaboración propia
<p>Nota: Todas las estimaciones pueden ser cambiantes de acuerdo al índice de producción que se maneje.</p>				

Fuente: elaboración propia.


ANEXOS

Anexo I Cotizaciones

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	38	COSTANERAS TIPO C PERALTE (A) 6 in PATÍN (B) 2 in CEJA (C) 5/8 in ESPESOR (e) 1/16 in LARGO 6 m PESO 3,024 Kg/m M máx. 12 600 Nm	Q 136,00	Q 5 168,00
	41	TUBOS RECTANGULARES BASE (A) 6 in ALTURA (B) 4 in ESPESOR (e) 1/16 in LARGO 6 m PESO 6,048 Kg/m M máx. 25 200 N/m	Q 343,25	Q 14 073,25
	88	LÁMINA GALVANIZADA ANCHO 32 in LARGO 14 pies CALIBRE 26.	Q 131,60	Q 11 580,80
	4	CABALLETE LISO GALVANIZADO CALIBRE 26 LARGO 8 m.	Q 133,00	Q 532,00
			TOTAL	Q 31 354,05


Fuente: MultiGroup. *Catálogo de la empresa.* www.multigroup.com.gt/. Consulta: 2 de junio de 2016.

Continuación de anexo 1.

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	16	LÁMINAS DE POLICARBONATO ANCHO 32 pulg LARGO 14 pies.	Q 175,00	Q 2 800,00
TOTAL				Q 2 800,00


Fuente: Ferretería La General. *Catálogo de la empresa*. <http://www.mapaco.net/productos.html>.

Consulta: 3 enero de 2016.

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	422	TORNILLO ROSCA ORDINARIA ARANDELA DE NEOPRENO CABEZA HEXAGONAL PUNTA BROCA ¼ in LARGO 1 in.	Q 1,06	Q 477,32
TOTAL				Q 477,32

Fuente: La Casa del Tornillo. *Catálogo de la empresa*. <http://www.casator.com/tornillo/>.

Consulta: 3 de marzo de 2016.

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	13	LÁMPARA LED186 LUXLITE 200 W	Q 2 925,75	Q 38 034,75
TOTAL				Q 38 034,75



Fuente: CELASA. *Catálogo Luxlite, Iluminación Industrial*. <http://www.celasa.biz/>. Consulta: 9 de marzo de 2016.

Continuación de anexo 1.

Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
6	Varilla de hierro corrugado Largo 6 m $\Phi = \frac{1}{2}$ in.	Q 40,00	Q 240,00
2	Varilla de hierro liso Largo 6 m $\Phi = \frac{1}{4}$ in.	Q 32,00	Q 64,00
25 m ³	Piedrín Triturado 1 in.	Q 220,00	Q 5 500,00
1 m ³	Piedrín Triturado 1 in.	Q 220,00	Q 220,00
30 m ³	Arena de río	Q 90,00	Q 2 700,00
$\frac{1}{2}$ m ³	Arena de río	Q 90,00	Q 45,00
200 qq	Cemento UGC PSI 4000	Q 79,00	Q 15 800,00
6 qq	Cemento UGC PSI 4000	Q 79,00	Q 474,00
1 lb	Alambre de amarre	Q 8,00	Q 8,00
		TOTAL	Q 25 051,00






Fuente: Súper Mayen. *Catálogo de la empresa*. <http://1679.gt.all.biz/goods>. Consulta: 22 de junio de 2016.

Continuación de anexo 1.

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	1	UNIDAD FILTRO-REGULADOR Φ = 1" DE ALUMINIO	Q 595,00	Q 595,00
	2	MANGUERAS FLEXIBLE 25 PIES Φ = 3/8" 300 psi MÁX	Q 95,00	Q 190,00
			TOTAL	Q 785,00

Fuente: Constru-Herramientas. *Catálogo de la empresa.*

<http://www.construherramientas.com/Accesorios-Campbell-Hausfeld-Guatemala.htm>. Consulta:
3 de marzo de 2016.

	Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Importe
	3	TUBERÍA HG Φ = 1 in LARGO 6 m CÉDULA 40.	Q 242 ,25	Q 726,75
	4	CODO 90º NORMAL Φ = 1 in.	Q 11, 60	Q 46,40
	1	TEE Φ = 1 in.	Q 16,80	Q 16,80
	2	NIPLE/UNIÓN Φ = 1 in LONGITUD 1 ½ in.	Q 5,35	Q 10,70
	3	VÁLVULA DE BOLA Φ = 1 in.	Q 75,90	Q 227,70
			TOTAL	Q 1 028,35

Fuente: SI SUPLISA. *Catálogo de la empresa.* <http://www.suplisa.com/home.htm>. Consulta 9 de
junio de 2016.

Anexo II Parámetros para estudios de tiempos

- Ajustes por la dificultad de trabajo, usados en la calificación objetiva

CATEGORÍA No.	DESCRIPCIÓN	LETRA DE REFERENCIA	CONDICIÓN	PORCENTAJE DE AJUSTE
1	Parte del cuerpo usada	A	Escaso uso de los dedos	0
		B	Muñeca y dedos	1
		C	Codos, muñeca y dedos	2
		D	Brazo, etc.	5
		E	Tronco, etc.	8
		E?	Llevar el peso con las piernas	10
2	Pedales	F	Sin pedales o un pedal con fulcro, bajo el pie	0
		G	Pedal o pedales con fulcro fuera del pie	5
3	Uso de ambas manos	H	Las manos se ayudan entre sí o trabajan alternadamente	0
		H2	Las manos trabajan simultáneamente haciendo el mismo trabajo en piezas iguales	18
4	Coordinación de ojos y manos	I	Trabajo burdo, al tacto	0
		J	Visión moderada	2
		K	Constante, pero muy cercana	4
		L	Cuidadosa, bastante cercana	7
		M	Dentro de 0.4 mm	10
5	Requisitos de manipulación	N	Puede manipularse burdamente	0
		O	Solamente un control burdo	1
		P	Debe controlarse cuidadosamente	3
		Q	Frágil	3
		R		5

Fuente: CRIOLLO, Roberto. *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. p. 221.

Continuación de anexo 2.

- Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales

Instituto de Administración Científica de las Empresas Curso de "Técnicas de organización"			
Ejemplo de un sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales.			
1. Suplementos constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales		5	7
Suplementos base por fatiga		4	4
2. Suplementos variables			
		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de pie		2	4
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incómoda		0	1
Incómoda (inclinado)		2	3
Muy incómoda (echado, estraco)		7	7
C. Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
Peso levantado por kilogramo			
2.5		0	1
5		1	2
7.5		2	3
10		3	4
12.5		4	5
15		5	8
17.5		7	10
20		9	13
22.5		11	16
25		13	20 (máx.)
30		17	—
33.5		22	—
D. Mala iluminación			
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0
Bastante por debajo		2	2
Absolutamente insuficiente		5	5
E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)			
Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de - Suplemento			
Kata (mil calorías/cm ² /segundo)			
16		0	
14		0	
12		0	
10		3	
8		10	
6		21	
5		31	
4		45	
3		64	
2		100	
F. Concentración intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precisión		0	0
Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos		5	5
G. Ruido			
Continuo		0	0
Intermitente y fuerte		2	2
Intermitente y muy fuerte		5	5
Estridente y fuerte			
H. Tensión mental			
Proceso bastante complejo		1	1
Proceso complejo u atención dividida entre muchos objetos		4	4
Muy complejo		8	8
I. Monotonía			
Trabajo algo monótono		0	0
Trabajo bastante monótono		1	1
Trabajo muy monótono		4	4
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido		0	0
Trabajo aburrido		2	1
Trabajo muy aburrido		5	2

Fuente: CRIOLLO, Roberto. *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. p. 228.